This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

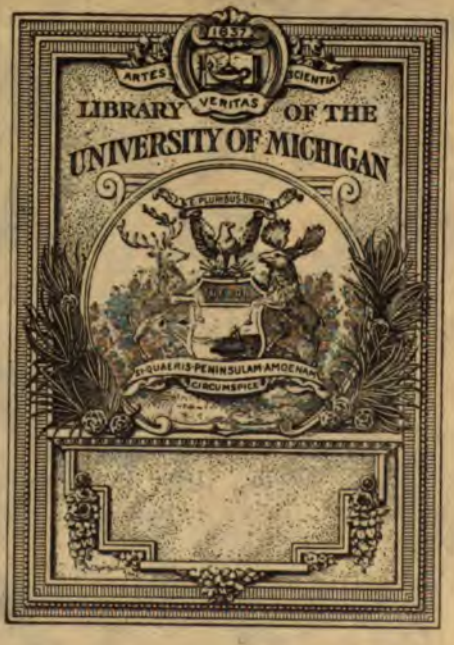
+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

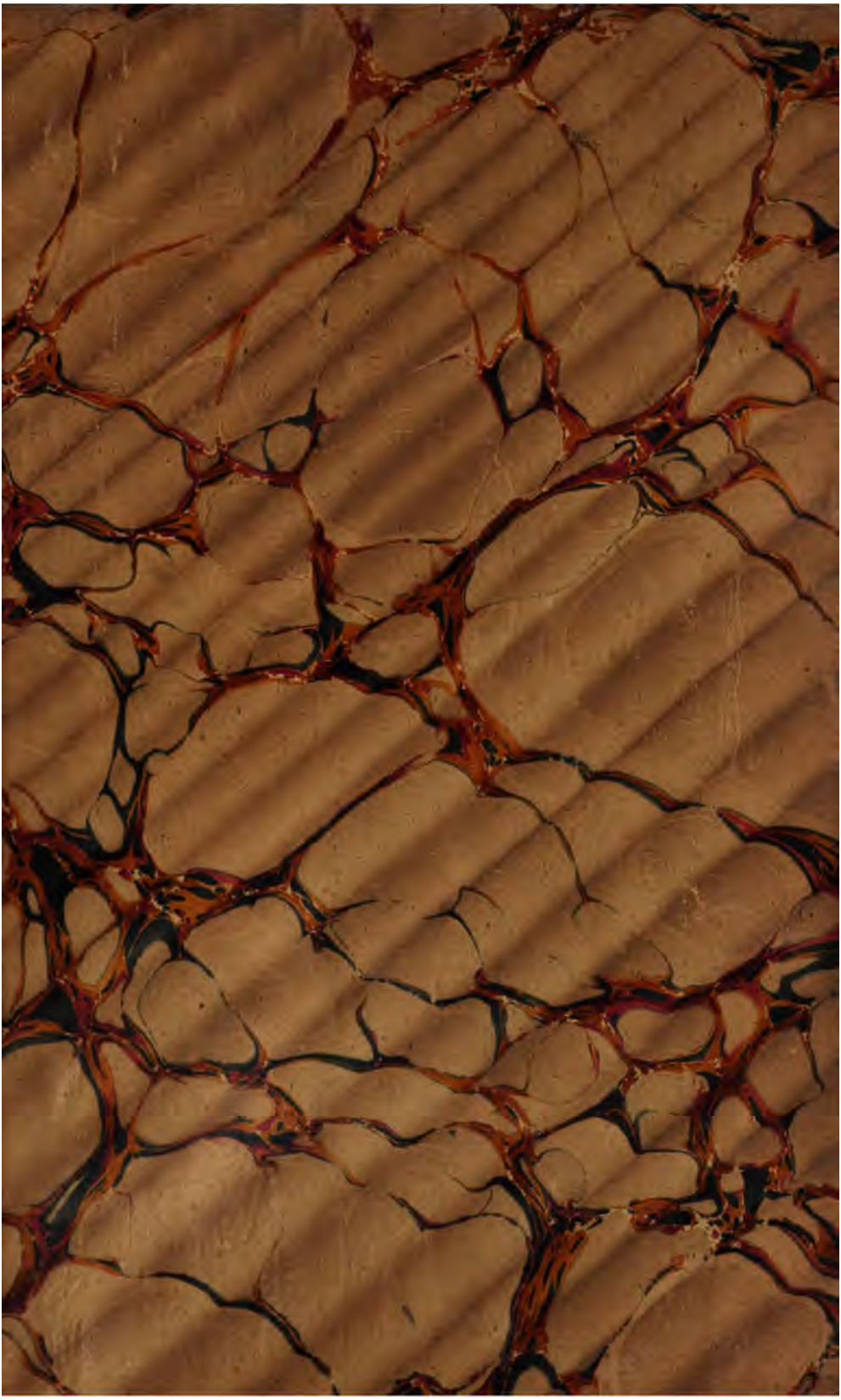
+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

[redacted]
A 3 9015 00382 921 8
University of Michigan – BUHR


1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE



SCIENCE LIBRARY
QE
351
.S68

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE MINÉRALOGIE.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS,
37868 Quai des Grands-Augustins, 55.

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ FRANÇAISE

DE

MINÉRALOGIE

(ANCIENNE SOCIÉTÉ MINÉRALOGIQUE DE FRANCE),

Fondée le 21 Mars 1878,

RECONNUE COMME ETABLISSEMENT D'UTILITE PUBLIQUE PAR DÉCRET
DU 2 FEVRIER 1886.

TOME VINGT-NEUVIÈME.

PARIS,

LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE, CH. BÉRANGER, ÉDITEUR,

SUCCESSEUR DE BAUDRY ET Cie,

15, rue des Saints-Pères, 15.

MAISON A LIÉGE, RUE DES DOMINICAINS, 7.

—

1906

SOCIÉTÉ FRANÇAISE

DE

MINÉRALOGIE.

Année 1906.

Bureau de la Société

MM. A. DE LAPPARENT, Président.
H. MOISSAN, F. GONNARD, Vice-Présidents.
L. BOURGEOIS, Trésorier.
M. BLONDEL, Secrétaire pour la France.
JEAN HERBETTE, Secrétaire pour l'Étranger et Archiviste.

Membres du Conseil de la Société

MM. GAUBERT,
DE GRAMONT,
PISANI,
MM. RICHARD,
TERMIER,
WALLERANT.

ANCIENS PRÉSIDENTS.

1878..... DES CLOIZEAUX.
1879..... MALLARD.
1880..... DAMOUR (A.).
1881..... FRIEDEL (CH.).
1882..... DAUBRÉE.
1883..... FOUQUÉ.
1884..... CORNU.
1885.... DE LAPPARENT (A.).
1886..... BERTRAND (EM.).
1887..... JANNETTAZ (E.).
1888..... DUFET (H.).
1889.... DES CLOIZEAUX.
1890..... CARNOT (AD.).
1891..... WYROUBOFF.
1892..... MALLARD.
1893..... BOURGEOIS (L.).
1894..... MICHEL-LÉVY.
1895..... LACROIX (A.).
1896..... HAUTEFEUILLE.
1897..... TERMIER.
1898..... LE CHATELIER (H.).
1899..... WALLERANT (FRÉD.).
1900..... HAUTEFEUILLE.
1901..... BERTRAND (EM.).
1902..... WYROUBOFF.
1903..... MICHEL (L.)
1904..... DUFET (H.).
1905..... WALLERANT (FRÉD.).

LISTE DES MEMBRES
1906

Membres honoraires décédés.

MILLER (W.-H.).
ADAM.
KOBELL (Fr. von).
SMITH (Lawrence).
SELLA (Q.).
RATH (G. vom).
DOMEYKO (I.).
LEUCHTENBERG (S. A. I. le grand-duc Nic. de).
KOKSCHAROW (N. DE).
SCACCHI (A.).
SZABO (J.).
MARIGNAC (Ch. DE).
DANA (J.-D.).
DES CLOIZEAUX.
SCHRAUF (A.).
FRIEDEL (Ch.).
RAMMELSBERG (C.).
NORDENSKIOELD (A.-E.).
DAMOUR (A.).
FOUQUÉ (F.).

Membres honoraires.

BRÖGGER (W.-C.), professeur à l'Université de Christiania.

GROTH (Dr Paul), professeur à l'Université, Mineralogische Sammlung Akademie, Munich (Bavière).

LANG (V. von), k. k. Hofrath, professeur à l'Université de Vienne.

MASKELYNE (N. S. Esqre), membre de la Chambre des Communes, Basset Down House, Swindon, Wilts (Angleterre).

ROSENBUSCH (Dr H.), professeur à l'Université de Heidelberg.

TOPSOE (Dr H.), professeur à l'École militaire de Copenhague.

TSCHERMAK (Dr G.), correspondant de l'Institut, professeur à l'Université de Vienne.

WYROUBOFF (Grégoire), professeur au Collège de France, 20, rue Lacépède, Paris, 5e.

ZIRKEL (Dr Fr.), professeur à l'Université de Leipzig.

Membres perpétuels.

BERTRAND (Émile), ingénieur, 35, boulevard des Invalides, Paris, 7e.

INSTITUT impérial des Mines de Saint-Pétersbourg.

MAUROY (DE), ingénieur, à Vassy (Haute-Marne).

SEIDEL Y AYMERICH (José), professeur à la Faculté des Sciences de la Havane (Cuba).

SPECULA VATICANA, à Rome.

SOCIÉTÉ impériale minéralogique de Saint-Pétersbourg.

Membres ordinaires (1).

m AMARAL (Fr. José de Santa Maria), mostero de S. Bento, à Rio-de-Janeiro.

AMIOT (H.), ingénieur en chef des Mines, attaché à la Direction des Chemins de fer de P.-L.-M., 4, rue Weber, Paris, 16e.

ARMACHEWSKI (P.), professeur à l'Université de Kiew (Russie).

ARSANDAUX (H.), préparateur au Collège de France, 6, rue Flatters, Paris, 5e.

ATANASESCO (N.), docteur ès sciences, professeur de Chimie à la Faculté de Médecine, 21, strada Stirbey Voda, Bucharest.

BÄCKSTRÖM (Dr H.), professeur à la Högskola, 30, Kungsgatan, Stockholm.

BARDET (Dr), rédacteur en chef du *Bulletin de Thérapeutique*, 21, rue du Cherche-Midi, Paris, 6e.

BARET (Ch.), 23, rue Chateaubriand, Nantes.

m BARROIS (Charles), membre de l'Institut, professeur à la Faculté des Sciences, 41, rue Pascal, Lille, et 9, rue Chomel, Paris, 7e.

BARTH (J.-A.), éditeur des *Beiblätter zu den Annalen der Physik*, Rossplatz, 17, Leipzig.

---

(1) La lettre *m* indique les membres à vie.

BAUER (Dr Max), professeur à l'Université, Marburg (Hesse).

BEL (J.-M.), ancien élève de l'École Polytechnique, ingénieur civil des Mines, 73, boulevard Saint-Michel, Paris, 5e.

BENIER, ingénieur, Combs-la-Ville (Seine-et-Marne).

BENSAUDE (Dr Alf.), membre de l'Académie royale des Sciences, professeur à l'Institut industriel, 6, rue S. Gaetano, Lapa, Lisbonne.

BERGERON (Jules), professeur de Géologie et de Minéralogie à l'Ecole centrale, directeur adjoint du Laboratoire des recherches géologiques à la Faculté des Sciences, 157, boulevard Haussmann, Paris, 8e.

BERTRAND (Marcel), membre de l'Institut, ingénieur en chef des Mines, professeur à l'Ecole des Mines, 101, rue de Rennes, Paris, 6e.

BIBLIOTHÈQUE de l'Université de Clermont-Ferrand.

BIBLIOTHÈQUE de l'Université de Grenoble.

BIBLIOTHÈQUE de l'Université de Louvain (Belgique).

BIBLIOTHÈQUE de la K. Techn. Hochschule de Stuttgart.

BIZARD (R.), 72, rue Desjardins, Angers.

BLONDEL (Maurice), docteur ès sciences, 286, boulevard Raspail, Paris, 14e.

BOUBÉE (Madame E.), officier d'Académie, 3, boulevard et place Saint-André-des-Arts, Paris, 6e.

BOUCHARD (Dr), membre de l'Institut, 174, rue de Rivoli, Paris, 1er.

m BOUCHARDAT (Gust.), professeur à l'École de Pharmacie, 108, boulevard Saint-Germain, Paris, 6e.

BOURGEAT (l'abbé), docteur ès sciences, professeur à la Faculté libre des Sciences de Lille.

m BOURGEOIS (Léon), répétiteur à l'École Polytechnique, assistant au Muséum d'Histoire naturelle, 1, boulevard Henri-IV, Paris, 4e.

m BOWMAN (Herbert-L.), démonstrateur de Minéralogie à l'Université, 7, Manor Road, Oxford (Angleterre).

BRALY (A.), ingénieur des Mines, 30, rue George-Sand, Paris, 16e.

BRAUNS (Dr R.), professeur de Minéralogie à l'Université, 8, Düppelstrasse, Kiel (Allemagne).

BRONGNIART (Marcel), licencié ès Sciences, 1, rue Villersexel, Paris, 7e.

BÜCKING (Dr Hugo), professeur de Minéralogie à l'Université de Strasbourg.

m BUREAU (Dr Louis), professeur à l'École de Médecine, directeur du Musée d'Histoire naturelle, 15, rue Gresset, Nantes.

BUTTGENBACH (H.), directeur du Service des Mines au département des finances de l'Etat indépendant du Congo, 322, avenue Brugmann, Uccle (Bruxelles) (Belgique).

CABINET de Minéralogie de l'Université royale de Pavie.

CARNOT (Ad.), membre de l'Institut, inspecteur général des Mines, directeur de l'Ecole des Mines, Paris, 6e.

CESARO (G.), professeur de Minéralogie à l'Université de Liége, Cheratte (Belgique).

CHABRIÉ (C.), sous-directeur du Laboratoire de Chimie appliquée et chargé de cours à la Faculté des Sciences, 83, rue Denfert-Rochereau, Paris, 14e.

CHURCH (A.-H.), F. R. S., professeur de Chimie, Shelsley. Kew Gardens, Surrey (Angleterre).

COHEN (Dr E.), professeur à l'Université, 4, Rossmarkt, Greifswald (Allemagne).

COLANI (A.), 19, rue Vauquelin, Paris, 5e.

COLORIANO (P. Ant.), docteur ès sciences, directeur du lycée Saint-Sava, 31, strada Fântânei, Bucharest (Roumanie).

m COSTA-SENA (J. DA), ingénieur des Mines, Ouro-Preto, Minas Geraës (Brésil).

COUYAT (J.), licencié ès Sciences, 10, boulevard Saint-Marcel, Paris, 13e.

m CURIE (Pierre), professeur à la Faculté des Sciences de Paris, 108, boulevard Kellermann, Paris, 13e.

DABREN (A.), ingénieur civil des Mines (Service des Mines), Tananarive (Madagascar).

DELAGE (A.), professeur à la Faculté des Sciences de Montpellier.

DERWIS (Mlle Véra von), École de Chimie, Genève (Suisse).

DESHARNOUX (Paul), graveur, 69, rue Monge, Paris, 5e.

DOELTER (Dr Corn.), professeur de Minéralogie à l'Université de Gratz (Autriche).

DONGIER (R.), sous-directeur du Laboratoire d'enseignement de Physique à la Faculté des Sciences, 1, rue Victor-Cousin, Paris, 5e.

DUPARC (Louis), professeur de Minéralogie à l'Université de Genève.

DURANDIÈRE (Arthur de la), 62, rue des Saints-Pères, Paris, 7e.

FLAMAND, chargé de cours à l'École des Sciences d'Alger, Alger-Mustapha.

FRIEDEL (Georges), ingénieur des Mines, professeur à l'Ecole des Mines de Saint-Etienne, 97, cours Fauriel, Saint-Étienne (Loire).

GAUBERT (Paul), docteur ès sciences, assistant de Minéralogie au Muséum d'Histoire naturelle, 1, rue Mirbel, Paris, 5e.

GENTIL (Louis), chargé de conférences de Pétrographie à la Faculté des Sciences, 65, boulevard Pasteur, Paris, 15e.

GLINKA (Serge), privat docent, cabinet de Minéralogie, Université impériale de Saint-Pétersbourg.

GOGUEL (H.), maître de conférences de Minéralogie à la Faculté des Sciences, 52, cours d'Alsace-Lorraine, Bordeaux.

m GOLDSCHMIDT (Dr V.), professeur de Minéralogie et de Cristallographie à l'Université, 9, Gassbergstrasse, Heidelberg (Allemagne).

GONNARD (F.), ingénieur des Arts et Manufactures, 38, quai de Vaise, Lyon.

GORCEIX (Henri), ex-directeur de l'Ecole des Mines d'Ouro-Preto (Brésil), à Mont-sur-Vienne, par Bujaleuf (Haute-Vienne).

m GRAMONT (Arnaud DE), docteur ès sciences, 179, rue de l'Université, Paris, 7e.

GRANGER (A.), professeur à l'Ecole d'application de la Manufacture de Sèvres, 88, avenue des Ternes, Paris, 17e.

GRATTAROLA (G.), directeur du Musée et Laboratoire de Minéralogie de l'Institut royal des Études supérieures, 2, piazza San Marco, à Florence.

GROULT-DEYROLLE (P.), naturaliste, 46, rue du Bac, Paris, 7e.

GUYOT DE GRANDMAISON (E.), 23, rue Clairat, Bergerac (Dordogne).

HERBETTE (Jean), licencié ès Sciences, 17, rue Fortuny, Paris, 17e.

HINTZE (Dr C.), professeur de Minéralogie à l'Université, 5, Moltkestrasse, Breslau (Allemagne).

HUSSAK (E.), Commission géologique de São Paulo (Brésil).

INSTITUT minéralogique de l'Université de Czernowitz (Autriche).

JANNETTAZ (Paul), ingénieur des Arts et Manufactures, répétiteur à l'École centrale, 68, rue Claude-Bernard, Paris, 5e.

JECKER (L.), professeur à l'Ecole de Physique et de Chimie, 42, rue Monge, Paris, 5e.

JOFFRE (J.), chimiste, 2, route de Saint-Leu, Montmorency (Seine-et-Oise).

JORISSEN, P. O. Box 2927, Johannesburg (Transvaal).

JUNGFLEISCH (E.), membre de l'Académie de Médecine, professeur à l'École de Pharmacie et au Conservatoire des Arts et Métiers, 74, rue du Cherche-Midi, Paris, 6e.

KAMPMANN (Alfred), Épinal.

KLEIN (Dr Carl), correspondant de l'Institut, professeur à l'Université de Berlin, Geh. Bergrath, Joachimsthaler Str., 39-40, Charlottenburg b. Berlin.

KLOBB (T.), professeur à l'École supérieure de Pharmacie, 44, rue de Metz, Nancy.

KRENNER (Dr J.), professeur de Minéralogie au National Museum, Buda-Pest.

KUNZ (Georges-F.), chez MM. Tiffany et Cie, Union Square, New-York City.

LACOUR (Alf.), ingénieur civil des Mines, 60, rue Ampère, Paris, 17e.

m LACROIX (A.), membre de l'Institut, professeur de Minéralogie au Muséum d'Histoire naturelle, 8, quai Henri-IV, Paris, 4e.

LALLIER (F.), les Sables-d'Olonne (Vendée).

LAPPARENT (Alb. DE), membre de l'Institut, professeur de Géologie et Minéralogie à l'Institut catholique, 3, rue de Tilsitt, Paris, 8e.

LAPPARENT (Jacques DE), 3, rue de Tilsitt, Paris, 8e.

LASSALLE (Th.), route de Clermont, Montluçon (Allier).

LE CHATELIER (H.), ingénieur en chef des Mines, professeur à l'École des Mines et au Collège de France, 73, rue Notre-Dame-des-Champs, Paris, 6e.

LETEUR (F.), préparateur à la Faculté des Sciences, 83, Grande Rue, Bourg-la-Reine (Seine).

LEWIS (W.-J.), professeur, New Museums, Cambridge (Angleterre).

LIEBISCH (Dr Th.), professeur de Minéralogie à l'Université, Göttingen (Prusse).

LINDSTROEM (G.), adjoint au Riks-Museum, Stockholm (Suède).

m LIVERSIDGE, professeur à l'Université de Sydney, Nouvelle-Galles du Sud (Australie).

LOUGUININE, professeur à la Faculté des Sciences de Moscou, 77, avenue de Malakoff, Paris, 16e.

LOVISATO (Domenico), professeur à l'Université, 19, viale Regina Margherita, Cagliari (Sardaigne).

LUEDECKE (Dr Otto), professeur à l'Université, 8, Blumenthalstrasse, Halle s. Saale, Thuringe.

MATTIROLO (Ettore), ingénieur des Mines, directeur du Laboratoire chimique de l'Office royal géologique des Mines, Rome.

m MICHEL (Léopold), professeur adjoint de Minéralogie à la Faculté des Sciences de Paris, 54, boulevard Maillot, Neuilly (Seine).

m MICHEL-LÉVY (A.), membre de l'Institut, Inspecteur général des Mines, professeur au Collège de France, 26, rue Spontini, Paris, 16e.

MIEG (Mathieu), 48, avenue de Modenheim, Mulhouse.

m MIERS (Henry-A.), professeur au Magdalen College, Oxford.

m MIRABAUD (Paul), banquier, 8, rue de Provence, Paris, 9e.

MOISSAN (H.), membre de l'Institut, professeur à la Faculté des Sciences, 7, rue Vauquelin, Paris, 5e.

MOSES (Dr Alf. J.), professeur de Minéralogie à l'École des Mines, Columbia University, New-York.

MUSEUM d'Histoire naturelle de Hambourg (Allemagne).

NENTIEN (E.), ingénieur en chef des Mines, Chalon-sur-Saône.

NICOLAU (DrTh.), professeur au Lycée, 1, Strada Sf. Athanasie, Jassy (Roumanie).

OEBBEKE (Dr K.), professeur de Minéralogie à la Technische Hochschule, Munich (Bavière).

OFFRET (Albert), professeur de Minéralogie à la Faculté des Sciences de Lyon, villa Sans-Souci, 53, chemin des Pins, Lyon.

O'GORMAN (comte Gaëtan), 21, avenue de Barèges, Pau (Basses-Pyrénées).

OSMOND (F.), ingénieur civil, 83, boulevard de Courcelles, Paris, 17e.

OUROCHEWITS (Sawa), professeur à l'École supérieure des Sciences de Belgrade (Serbie).

PACHECO DO CANTO E CASTRO (Eug. Vaz), professeur au Lycée de Ponta Delgada, île de Sâo-Miguel (Açores).

PAVOT, intendant militaire, 36 *bis*, rue Ballu, Paris, 9e.

PISANI (F.), chimiste, 8, rue de Furstenberg, Paris, 6e.

PURPER (L.), propriétaire, avenue du Rond-Point, à Évry-Petit-Bourg (Seine-et-Oise).

m RICHARD (Ad.), préparateur à l'École des Mines, 73, rue du Cardinal-Lemoine, Paris, 5e.

ROMEU (A. DE), ingénieur des Arts et Manufactures, 38, boulevard de Courcelles, Paris, 17e.

ROUX (Léon), professeur de Chimie à la Faculté des Sciences de Poitiers.

SANDBERG (C.), P. O. Box 2927, Johannesburg (Transvaal).

m SAUVAGE (Ed.), ingénieur des Mines, 14, rue Eugène-Flachat (place Pereire), Paris, 17e.

m SAXE-COBOURG-GOTHA (S. A. I. le Prince dom Pedro DE).

SCACCHI (E.), professeur de Minéralogie à l'Université de Naples.

SCHULTEN (Dr Aug. DE), Brignoles (Var).

SEHERR THOSS (le baron M. DE), Hohenzollernstrasse, 16, Berlin.

SELIGMANN (G.), 18, Schlossrondel, Coblentz.

SELWYN, ancien Directeur du Service géologique du Canada, Museum and Office, Sussex street, Ottawa.

STÖBER (Dr H.), chargé de cours à l'Université, 45, boulevard Léopold, Gand.

STRUEVER (G.), professeur de Minéralogie à l'Université de Rome.

STUER (Al.), 4, rue de Castellane, Paris, 8e.

SUTTON (William J.), géologue, 89, Discovery Street, Victoria (Colombie Britannique).

TERMIER (Pierre), ingénieur en chef des Mines, professeur de Minéralogie à l'École des Mines, 164, rue de Vaugirard, Paris, 15e.

UNGEMACH (H.), ingénieur-chimiste, rue Marbach, Strasbourg.

USSING (Dr N.-V.), professeur à l'Université de Copenhague.

VATIN, ingénieur civil des Mines, 52, rue Saint-Georges, Paris, 9e.

WALLERANT (Fred.), professeur de Minéralogie à la Faculté des Sciences de Paris, 5e.

WICHMANN (Dr A.), professeur à l'Université d'Utrecht (Pays-Bas).

WINCHELL (N.-H.), géologue de l'État du Minnesota, Minneapolis (États-Unis).

WÜLFING (Dr E.-A.), professeur de Minéralogie, Baumbach Allée, 11, Langfuhr, par Dantzig (Allemagne).

ZUJOVIC (J.-M.), professeur de Géologie à l'École supérieure de Belgrade (Serbie).

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE MINÉRALOGIE.

ANNÉE 1906. — BULLETIN N° 1.

Compte rendu de la séance du 11 janvier 1906.

PRÉSIDENCE DE M. FRÉD. WALLERANT.

M. le PRÉSIDENT donne la parole à M. le Trésorier pour la lecture de son rapport.

Rapport du Trésorier.

MESSIEURS ET CHERS COLLÈGUES,

Les comptes de l'année 1905 arrêtés au 31 décembre se présentent ainsi qu'il suit :

COMPTES DE L'EXERCICE 1905.

Recettes.

	fr
En caisse au 1er janvier 1905	10007,70
Cotisations arriérées	580,40
» de l'année	960
» anticipées	181,15
Allocation ministérielle	600
Abonnements et vente du *Bulletin*	1395,15
Rente sur l'État français 3 %	297
Intérêts des comptes à la Société Générale	49,45
Intérêts des sommes déposées à la Caisse nationale d'Épargne, à 2,50 %	62,34
TOTAL	14133,19

Dépenses.

	fr
Bulletin, impression et port	2813,15
» gravure	431,35
» rédaction et extraits	250
Administration, allocation au garçon de salle	200
» frais de bureau	195,20
Bibliothèque, abonnements	232,50
» reliure	4
» assurance contre l'incendie	34,80
Frais exceptionnels : Couronne pour les obsèques de M. Dufet	60
Société Générale, droits de garde, timbres, etc.	5,10
Solde en caisse au 1er janvier 1906	9907,09
TOTAL	14133,19

Notre fonds de réserve, évalué au cours du 31 décembre, se compose de :

297fr rente française 3 % perpétuel à 99fr..... 9801fr

ce qui, joint à l'encaisse à la même date, constitue un actif immédiatement réalisable de 19708fr,09.

Je termine en vous proposant le budget suivant pour l'année qui commence :

PROJET DE BUDGET POUR L'ANNÉE 1906.

Recettes.

Reprise sur l'encaisse précédente.....	2953fr
Cotisations.....	1600
Allocation ministérielle.....	600
Intérêts du fonds de réserve.....	297
Abonnements et vente du *Bulletin*.....	1200
TOTAL.....	6650

Dépenses.

Bulletin, impression et port.....	5000fr
» gravure.....	500
» rédaction et extraits.....	500
Administration, allocation au garçon de salle.....	200
» frais de bureau et divers.....	200
Bibliotheque, abonnements, reliure, assurances...	250
TOTAL.....	6650

Le Trésorier,
L. BOURGEOIS.

M. Pisani donne lecture du Rapport suivant :

Les membres de la Commission de Comptabilité ont examiné les comptes de 1905 et ont constaté leur parfaite régularité. Ils proposent d'adresser tous les remercîments des Membres de la Société à M. le Trésorier.

Bardet, Pisani, De Romeu.

Les remercîments sont votés à l'unanimité.

Il est ensuite procédé aux élections pour le renouvellement du Bureau de la Société.

Le dépouillement du scrutin donne les résultats suivants :

Présidence : M. A. de Lapparent obtient 52 voix ; M. Bureau, 3 voix ; il y a 3 bulletins nuls.

En conséquence, M. A. de Lapparent est proclamé Président.

Vice-Présidence : M. H. Moissan obtient 49 voix; M. Gonnard, 44 ; M. G. Friedel, 1 ; M. Lacroix, 1 ; et M. Offret, 1.

MM. H. Moissan et F. Gonnard sont proclamés Vice-Présidents.

M. Bourgeois est réélu Trésorier par acclamation.

MM. Gaubert, Pisani et Wallerant sont nommés Membres du Conseil pour 2 ans.

En conséquence, le Bureau de la Société est constitué pour 1906 de la façon suivante :

Président : M. A. de Lapparent ;

Vice-Présidents : MM. H. Moissan et Gonnard ;

Trésorier : M. Bourgeois;
Secrétaires : MM. Blondel et Herbette;
Archiviste : M. J. Herbette;
Membres du Conseil : MM. Gaubert, de Gramont, Pisani, Richard, Termier et Wallerant.

M. Fréd. Wallerant, avant de céder le fauteuil de la Présidence à M. A. de Lapparent, adresse ses remercîments à la Société.

M. de Lapparent prononce les paroles suivantes :

« Messieurs,

» C'est un devoir pour moi de dire combien je vous suis reconnaissant d'avoir bien voulu renouveler, à vingt années de distance, le témoignage dont m'avaient honoré les fondateurs de notre Société. Alors que je n'avais aucun titre personnel à invoquer en Minéralogie, je me suis vu inopinément porté à la Présidence, par suite d'une très gracieuse conspiration dont les maîtres de la Science avaient pris l'initiative. J'ai compris qu'ils voulaient récompenser en moi le zèle déployé pour rendre accessibles à tous les étudiants les belles doctrines cristallographiques des Bravais et des Mallard.

» Depuis cette lointaine époque, mes titres minéralogiques n'ont pas sensiblement changé. Mais peut-être avez-vous voulu me tenir compte de ce qu'un des miens s'était franchement engagé dans la voie que je me suis toujours borné à côtoyer respectueusement.

» Quoi qu'il en soit, croyez que j'apprécie vivement l'honneur de présider aux débats d'une Société où règne un véritable esprit de famille, et où, sérieusement, sans le moindre apprêt extérieur, on s'occupe des choses les plus intéressantes, n'ayant en vue que le progrès de la Science. L'obligation, où

me mettent vos suffrages, de prendre à vos travaux une part plus active, est un véritable service que vous me rendez et dont je vous exprime toute ma gratitude.

» En votre nom, je remercie le Bureau du zèle qu'il n'a cessé de déployer pour le bien de la Société, ainsi que de la prospérité financière où il a su l'amener. Je suis sûr d'être approuvé par vous en signalant, d'une façon particulière, la féconde activité du Président sortant, M. Wallerant, qui, tant de fois, a fait à lui seul les frais de l'intérêt scientifique de nos séances, quittant le fauteuil pour nous exposer ses remarquables observations. J'espère bien que son zèle ne se ralentira pas, et je puis lui promettre au moins que, cette fois, il restera toujours un Président pour l'écouter. »

M. le Président proclame membres de la Société :

M. F. Osmond, ingénieur civil, à Paris;

M. R. Dongier, chef des travaux pratiques de Physique à la Faculté des Sciences de Paris;

M. A. Dabren, ingénieur civil des mines à Tananarive (Madagascar);

M. F. Lallier, aux Sables-d'Olonne.

M. le Président annonce une présentation.

M. A. Lacroix donne connaissance d'un travail de M. Gonnard intitulé *Note à propos de l'offrétite du mont Simiouse (Loire)*.

M. A. Lacroix met en outre sous les yeux de la Société les sulfates solubles qu'il a recueillis à Vulcano (coquimbite, halotrichite, etc.), parmi lesquels se trouve la *métavoltite* qui n'était connue jusqu'à présent qu'en Perse.

Nouvelles remarques sur le caillou de Rennes;

Par M. Pavot.

M. l'Intendant militaire Pavot annonce de nouvelles découvertes d'échantillons du *caillou de Rennes,* faites depuis l'automne dernier sur le territoire des communes riveraines de la rivière la Seiche (canton sud-ouest de Rennes); les pièces mises au jour sont nombreuses, quelques-unes volumineuses et presque intactes : elles offrent, cette fois, des spécimens indéniables de la vie animale ou végétale, ce ne sont plus de simples conglomérats de structure bacillaire et d'aspect vaguement coralloïde ; il faudrait vouloir nier l'évidence pour ne pas y reconnaître des *fossiles,* dont une bonne partie doit être déterminable. A ce titre, la collection récemment recueillie est de nature à être présentée plutôt à MM. les Professeurs du Muséum, et l'auteur de ces trouvailles ne les signale plus à la Société de Minéralogie que pour remplir vis-à-vis de ses collègues un devoir de déférence et de gratitude, en les remerciant de la bienveillance avec laquelle ont été accueillies les précédentes Notes ou observations communiquées.

Un objet particulier dans la série nouvelle reste intéressant, d'ailleurs, au point de vue minéralogique : c'est la substance elle-même qui a, par voie de substitution chimique, transformé ou *fossilisé* les polypiers, les fucoïdes, les végétaux ligneux qui ont été le plus abondamment recueillis et dont il s'agit aujourd'hui. Formées de jaspe blond et rouge, aux nuances caractéristiques du caillou de Rennes, ces pétrifications paraissent dignes d'attention : 1° par l'espèce minérale qui les constitue et que la pioche ou la charrue ont rencontrée *in situ ;* 2° par différentes circonstances du gisement ainsi constaté et qui tendent à fixer l'époque et le

mode de formation d'une substance singulière et d'origine encore mal connue ; 3° enfin, parce que d'assez nombreux fragments, présentant la trace indiscutable d'un travail humain, ont été visiblement façonnés, affûtés et polis, et sont des armes ou des outils préhistoriques.

Lorsque les gisements reconnus auront été plus complètement explorés, pour mieux apprécier le résultat de ces recherches, il conviendra donc de recourir aux lumières des personnes qui font autorité en matière de paléontologie, d'anthropologie aussi, puisque l'archéologie préhistorique réclame sa large part des trouvailles signalées.

Les échantillons les plus abondants sont des débris de polypiers, quelques-uns passés à l'état de galets très usés ; plusieurs restent enrobés partiellement d'une couche de *grison,* conservant ainsi avec cette gangue silico-ferrugineuse leur marque d'origine ; ces fossiles, roulés par le flot qui a plus tard laissé déposer les sédiments quaternaires, doivent être eux-mêmes des épaves d'un autre âge (pliocènes peut-être).

Des éponges de belle taille, quelques-unes rappelant les espèces actuellement vivantes sur les côtes de l'Asie Mineure, semblent, vu l'intégrité de leurs dimensions et de leurs formes, avoir été à peine déplacées des points où elles étaient implantées ou couchées ; un labour récent et profond est venu les soulever et les amener au jour ; des cultivateurs soigneux les ont repoussées jusqu'au fossé voisin où les pluies abondantes de l'automne dernier ont débarrassé d'une enveloppe de glaise épaisse ces masses pierreuses ; le jaspe qui les constitue actuellement est d'un jaune grisâtre, avec de rares mouchetures de teintes plus chaudes. Quelques petits noyaux de quartz blanc se montrent dans l'épaisseur du tissu spongieux et donnent à penser que la présence de ces fragments minuscules remonte à la période de vie des polypiers en

question, puisqu'on trouve de tels graviers dans les espèces actuellement vivantes d'éponges communes ; la minéralisation des fossiles recueillis aurait fixé à la place qu'ils occupaient les morceaux de quartz détritique déjà enveloppés.

Outre les spongiaires, il s'est trouvé aussi quelques fucoïdes, également très bien conservés et reproduisant, avec les formes et les dimensions du goëmon ou varech de nos côtes bretonnes actuelles, les feuilles et les fruits de ce *fucus vesiculosus;* un de ces échantillons forme une touffe que l'on croirait vivante, n'étaient les nuances, ocre jaune et carmin, du quartz-jaspe, caillou de Rennes, qui a pris la place du tissu végétal.

Incidemment, il y a lieu de constater que plusieurs des blocs recueillis présentent, en outre des couleurs habituelles du caillou de Rennes, quelques zones de teintes verdâtres, alternant avec les tons classiques d'aurore et de pourpre toujours présents : ces colorations exceptionnelles (vert d'eau ou vert olive) n'avaient pas encore été observées : du moins, les anciens auteurs n'en font pas mention.

La vie végétale paraît avoir été l'origine d'un grand nombre des pièces recueillies.

Parmi les spécimens qui se présentent comme des fragments de troncs d'arbres silicifiés est une sorte de billot dont deux extrémités, se terminant en vive arête, paraissent avoir été taillées avec un instrument tranchant : à quelques pas ce bloc fait illusion, sa nuance violacée lui donne de la ressemblance avec une souche d'ormeau récemment coupée. Les couches annuelles de la végétation, très nettement marquées par des nuances alternées de lilas et de bistre, y conservent leur parallélisme tout en contournant des nodosités, les unes en relief, les autres en creux. — Ce fragment de tronc aurait-il été travaillé dans le but de servir d'établi et de procurer, par une de ses cavités, un appui pour la fabrication

des pointes de flèche ou de lance, comme ceux cités par John Evans (*Les âges de la pierre,* p. 40, Paris, 1878)...?

D'autres morceaux ligneux, de dimensions plus modestes, atteignent encore le volume d'une tête humaine, et tel ou tel d'entre eux est peut-être le *nucleus* d'où provient une série de pièces façonnées recueillies dans le même champ.

Des formes diverses d'armes ou d'outils se rencontrent parmi ces objets : ce sont des têtes de flèches ou de javelots, lames de lances, haches et casse-tête semblables à ce qu'on trouvait couramment, au siècle dernier, chez les indigènes de la Nouvelle-Calédonie, de la Nouvelle-Zélande ou du centre de l'Afrique ; certaines de ces haches ont plusieurs pointes, comme des hallebardes. Une fréquente forme de casse-tête se rencontre en toutes dimensions : petites, moyennes ou grandes, ces pièces, arrondies d'un bout, appointées de l'autre, s'effilent dans le sens des fibres du tissu ligneux minéralisé. L'homme primitif qui a taillé, poli et affûté ces coins meurtriers ne paraît pas avoir eu la pensée ou le moyen de les percer pour y faire passer un manche dans l'épaisseur de la masse; il les fixait, sans doute, par diverses ligatures à une tige végétale ou osseuse et pouvait utiliser ainsi, pour en faire des armes très redoutables, les éclats d'un jaspe dont la densité, la dureté, la ténacité et la cassure tranchante avaient dû s'imposer à l'attention de peuplades constamment occupées à la lutte pour la vie.

Le volume et le poids de tous ces objets commandent de ne les transporter à Paris qu'à bon escient, c'est-à-dire après sélection des pièces les plus caractéristiques, et complément des séries les plus intéressantes, car des fouilles fructueuses peuvent encore être poursuivies. Le présent compte rendu a surtout pour but de fixer la date de trouvailles devenues probantes.

Note à propos de l'offrétite du mont Simiouse (Loire);

Par Ferdinand Gonnard.

Le savant professeur de Giessen, A. Streng, dans un rapport sur la XVIIe réunion de la Société géologique du Haut-Rhin, à Francfort-sur-le-Mein (17 avril 1889), faisait la communication suivante :

« Dans les vacuoles du basalte d'Annerod, qui ne renfer-
» ment ni phillipsite, ni chabasie, se rencontre un blanc
» duvet d'une substance cristalline blanche, qui n'a pu jus-
» qu'à présent être identifiée avec aucun minéral. Examiné
» sous le microscope à la lumière incidente, ce duvet figure
» un agrégat de petits cristaux fusiformes, dans lequel on
» peut reconnaître une face terminale parfois hexagonale.
» Les autres faces ne sont pas distinctes les unes des autres,
» et peuvent être regardées comme formant une pyramide
» très pointue, qui passe graduellement à un prisme. La
» pyramide et le prisme sont de haut en bas très fortement
» striés, de sorte qu'on ne peut rien distinguer des arêtes de
» la pyramide ou du prisme. Par suite, la forme paraît
» arrondie et la base à peu près circulaire. Très fréquem-
» ment, les cristaux fusiformes sont agrégés de manière à
» diverger d'en haut, et paraissent alors comme une boule
» arrondie sur un mince pédoncule. Les cristaux sont faci-
» lement fusibles, mais presque insolubles dans les acides.
» Il est possible que ce minéral soit une nouvelle zéolithe
» insoluble dans les acides. Malheureusement, l'enduit des
» géodes par ce minéral est si ténu, qu'il n'a pas été possible
» jusqu'ici d'en isoler une quantité suffisante pour un exa-
» men approfondi. »

J'avais, à la fin de février 1891, envoyé à M. A. Streng ma Note sur l'offrétite du mont Simiouse. Ce savant m'écrivit le 5 mars suivant que, d'après la description de cette nouvelle zéolithe, il croyait pouvoir conjecturer que c'était bien le même minéral que celui qu'il avait observé dans la basalte d'Annerod, et qui avait fait l'objet de la communication précitée. J'adressai alors à M. Streng une série d'échantillons de basalte à offrétite et, le 31 mars, il me répondit qu'il ne pouvait pas déterminer les aiguilles fusiformes d'Annerod, à cause de leur petitesse, mais qu'après examen des cristaux d'offrétite il était très possible, bien qu'il ne pût le prouver, qu'elles se rapportassent à cette zéolithe. Il espérait, d'ailleurs, que de nouvelles recherches de sa part seraient plus heureuses.

Depuis cette époque, M. Streng n'a, à ma connaissance, rien publié sur ce sujet; il m'aurait fait assurément part de ses recherches. La question est donc restée non résolue. Il m'a paru qu'il y avait quelque intérêt à rappeler l'observation ci-dessus et la probabilité de l'identité de ces minéraux, l'opinion émise à cet égard émanant d'une personne trop autorisée pour n'être pas prise en considération.

Le Secrétaire gérant :

MAURICE BLONDEL.

37868 Paris. — Imp. GAUTHIER-VILLARS, 55, quai des Grands-Augustins.

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE MINÉRALOGIE.

ANNÉE 1906. — BULLETIN N° 2.

Compte rendu de la Séance du 8 Février 1906.

PRÉSIDENCE DE M. A. DE LAPPARENT.

M. le PRÉSIDENT proclame membre de la Société :

M. UNGEMACH, ingénieur-chimiste à Strasbourg.

M. GONNARD remercie la Société de l'avoir appelé à la vice-présidence.

M. TERMIER présente, au nom de M. G. FRIEDEL, un Mémoire sur la boléite et ses congénères.

M. FRÉD. WALLERANT fait une communication sur les mélanges isomorphes des nitrates alcalins.

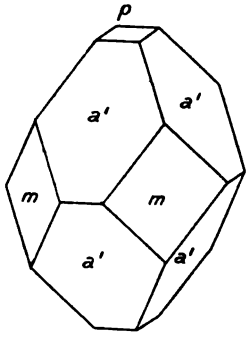
M. LEHMANN fait savoir, par l'intermédiaire de M. Wallerant, qu'il adresse vingt-neuf photographies de cristaux mous. Ces photographies, obtenues en $\frac{1}{100}$ de seconde, avec un grossissement de 270 fois, seront mises à la disposition des Membres de la Société, au Laboratoire de Minéralogie.

par l'éclat nacré noirâtre que ces espèces doivent à leurs clivages faciles. Par transparence, en lames minces, le bleu de la cumengéite est au contraire notablement plus foncé que celui des autres espèces, et s'en distingue nettement par une teinte plus franche, moins verdâtre. La poussière enfin est d'un bleu ciel franc, bien différent du bleu verdâtre qui est la couleur de la poussière de boléite.

Le polychroïsme, signalé par M. Lacroix, est à peine sensible. n_p est bleu franc, n_g très légèrement plus verdâtre et plus foncé.

Les cristaux (*fig.* 1) portent, outre l'octaèdre quadratique

Fig. 1.



constant a^1(101), les faces du prisme m(110) souvent bien développées et fréquemment la base p(001). Ils ne sont *jamais maclés,* et toujours de constitution parfaitement homogène. On verra plus loin que les groupements trirectangulaires que l'on observe parfois ne sont pas de véritables macles, mais des cristaux complexes du troisième type où la cumengéite s'accole parallèlement sur les cristaux maclés de boléite ou de pseudoboléite.

Les images goniométriques sont mauvaises sur les faces

On distingue, parmi les cristaux bleus du Boléo, trois types bien différents. Deux ont été nettement reconnus par Mallard et désignés par lui sous les noms de *cumengéite* (octaèdres quadratiques isolés, non argentifères) et de *boléite* (cubes, avec faces plus rares d'octaèdre et de dodécaèdre rhomboïdal, argentifères). Le troisième, déjà aperçu par Mallard, mais mal interprété par lui, a été décrit exactement, bien que sommairement, par M. Lacroix. Il comprend des cubes ressemblant à ceux de boléite, mais ayant sur les arêtes des angles rentrants avec faces approchant de b^2(210), et ayant une structure interne complexe. Ce sont des associations où figure toujours la boléite, et très souvent aussi la cumengéite, avec une troisième espèce, la *pseudo-boléite* de M. Lacroix, qui n'est pas connue en cristaux isolés. Mallard, qui la désignait sous l'ancien nom de *percylite,* la considérait à tort comme l'élément simple dont le groupement constitue la partie isotrope de la boléite.

La complexité des cristaux, pour la plupart petits, ainsi que la rareté des échantillons de ce troisième type, rendent difficile l'étude complète de la pseudo-boléite. Le nombre de ces échantillons dont je disposais m'a permis de séparer à peine assez de ce minéral pour une analyse, mais la densité et la teneur en eau n'ont pu être déterminées qu'indirectement. On voit que, si j'apporte quelques résultats nouveaux, la présente étude ne peut prétendre cependant à épuiser la question.

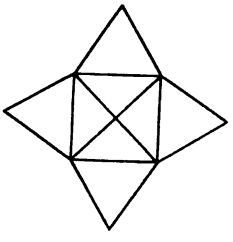
Je décrirai successivement les trois types de cristaux.

CUMENGÉITE.

Cette espèce se présente en octaèdres quadratiques d'un beau bleu de Prusse foncé, paraissant plus clair que celui de la boléite ou de la pseudo-boléite, parce qu'il n'est pas modifié

de centrer toutes les faces de ce primitif. Alors le cristal se présente comme ayant *très grossièrement* une forme pseudo-cubique du mode octaédral ($pa^1 = 58°24'$, au lieu de $54°44'$ pour le cubo-octaèdre régulier). Or on verra qu'il existe des groupes de cumengéite (*fig.* 2) qui, extérieurement, pa-

Fig. 2.



raissent formés simplement de trois cristaux à axes quaternaires trirectangulaires, la position de chaque cristal résultant de celle d'un autre par rotation de 90° autour d'une des arêtes [100], à la façon ordinaire des substances quadratiques pseudo-cubiques. S'il s'agissait là d'une véritable macle, elle serait extrêmement singulière et contraire aussi bien à la théorie de Mallard qu'à celle que j'ai proposée récemment au sujet des groupements. Car la maille définie par les trois paramètres 1 : 1 : 1,625 n'a rien de pseudo-cubique et n'a pour multiple simple aucune maille pseudo-cubique. Si l'arête [110] peut, très grossièrement d'ailleurs, passer pour un axe pseudo-quaternaire du réseau, cette arête ne sert précisément pas d'axe de macle quaternaire, et cet axe de macle est [100], qui n'est axe pseudo-quaternaire ni de la maille simple, ni d'aucune maille multiple simple quelconque. En fait, on verra plus loin que cette fausse macle possède toujours un noyau de boléite et de pseudoboléite et n'est qu'un résultat de l'accolement parallèle de la cumen-

géite sur ces espèces qui, elles, forment des groupements trirectangulaires parfaitement conformes aux lois des macles. En général, la cumengéite ne recouvre qu'une partie de la surface des autres espèces, mais il arrive parfois qu'elle les enveloppe entièrement, d'où la fausse apparence extérieure d'une macle formée entièrement de cumengéite.

Le poids spécifique, déterminé sur quarante-quatre petits octaèdres du poids total de $0^g,8271$ triés avec le plus grand soin et parfaitement exempts de matières étrangères, est de 4,67 à 18°,7 (Mallard 4,71).

Le signe optique est négatif. L'indice est très voisin de 2, mais n'a pas été mesuré de nouveau exactement. Mallard donne $n_g = 2,026$, $n_p = 1,965$, d'où $n_g - n_p = 0,061$. Cette biréfringence est trop faible. J'ai mesuré, par le procédé de l'analyseur circulaire que j'ai indiqué autrefois, $n_g - n_p = 0,10$, mais sur des lames trop minces pour pouvoir répondre de plus que la seconde décimale, en raison de l'incertitude sur l'épaisseur. Par contre, le même procédé donne avec beaucoup d'exactitude le retard, et par suite le rapport des biréfringences de la cumengéite et de la pseudo-boléite quand elles sont en contact dans un cristal du troisième type. Ce rapport est de 3,10. La biréfringence de la pseudo-boléite étant de 0,032, celle de la cumengéite est donc bien très voisine de 0,100.

Pour la composition chimique, Mallard a admis la formule simple $PbCl^2, CuO, H^2O$, d'après une analyse de C. Friedel où l'eau avait été dosée par perte de poids en chauffant les cristaux à la température d'ébullition du soufre. La proportion d'eau trouvée était trop élevée pour la formule, mais on pensait pouvoir attribuer ce fait à la volatilisation d'un peu de $PbCl^2$. Pour le reste, les chiffres relatifs au plomb et au cuivre étaient aussi en accord assez médiocre avec la formule. J'ai repris l'analyse sur deux portions de matière dont l'une

a servi au dosage du plomb, du chlore et du cuivre, ainsi qu'à la constatation de l'absence complète d'argent; l'autre au dosage de l'eau, celle-ci étant recueillie dans des tubes absorbants et pesée, et la calcination étant poussée au delà de la fusion, toutes précautions prises pour éviter qu'aucune trace du $PbCl^2$ volatilisé pût pénétrer dans le tube absorbant. Les résultats sont les suivants (1) (colonne I) (matière séchée à 100°, sans aucune perte de poids) :

	I.	II.
Plomb	54,47	54,46
Chlore	19,03	18,68
CuO	20,27	20,93
Résidu (2)	0,19	»
H^2O (3)	5,90	5,93
	99,86	100,00

Il n'y a pas trace d'argent. Le résidu insoluble, trop faible pour avoir pu être étudié, paraît surtout composé d'oxyde ferrique.

L'analyse correspond, non à la formule admise, mais à la suivante :

$$4PbCl^2, 4CuO, 5H^2O,$$

(1) Pour le dosage du Cu, du Pb, du Cl (et aussi de AgCl dans les analyses des autres espèces), on a dissous par AzH^3. Une ébullition d'une demi-heure avec AzH^3 concentré et carbonate d'ammoniaque dissout intégralement le cuivre, le chlore et l'argent, et ne laisse pour résidu que du carbonate de plomb parfaitement exempt de chlore, avec les matières étrangères insolubles s'il y en a. Le plomb est redissous par AzO^3H étendu et dosé en sulfate par évaporation. AgCl est précipité en neutralisant à froid par AzO^3H la solution ammoniacale, puis l'excès de Cl est précipité par AzO^3Ag, l'excès d'argent éliminé, et enfin le cuivre précipité par électrolyse et pesé sous forme de CuO. Si l'attaque par AzH^3 est convenablement faite, cette méthode donne des résultats très précis.

(2) Résidu insoluble dans AzH^3 et dans AzO^3H étendu froid.

(3) L'eau a été dosée sur 0g,9192 de matière, les autres éléments sur 0g,2669.

à laquelle se rapportent les chiffres de la colonne II. On voit que cette analyse confirme bien la concordance du Cl et du Pb sous forme de $PbCl^2$, et l'existence admise jusqu'ici de 1^{mol} de $PbCl^2$ pour 1^{mol} de CuO. Mais le dosage de H^2O, fait sur une grande quantité de matière et avec le plus grand soin, conduit à reconnaître que l'excès d'eau déjà observé par rapport à la formule de Mallard est bien réel et s'exprime très exactement par la formule ci-dessus.

BOLÉITE.

Les cristaux de boléite ont la forme extérieure cubique, sans jamais aucun angle rentrant, avec le plus souvent les faces du cube seules, parfois celles de l'octaèdre régulier et encore plus rarement celles du dodécaèdre rhomboïdal. Toutes ces faces, y compris celles du cube, sont très imparfaitement planes et ne donnent que de très mauvaises images goniométriques.

La couleur est un bleu de Prusse très foncé, noirâtre sur les faces, verdâtre en lames minces par comparaison avec la cumengéite, avec sur les clivages cubiques un éclat presque nacré caractéristique. La poussière est d'un bleu clair qui, comparé à celui de la cumengéite, paraît verdâtre. Il n'y a pas trace de polychroïsme.

Les cristaux, qui paraissent simples extérieurement, sont, en général, composés de deux zones que l'on distingue parfaitement soit en lumière polarisée dans les sections minces, soit tout simplement à l'œil nu en faisant miroiter à la lumière un clivage cubique ou mieux encore une face cubique usée sur un verre dépoli. La zone centrale est à peu près isotrope. Elle présente par endroits et parfois dans toute son étendue une isotropie parfaite. Mais, en général, on y distingue, entre les nicols, des taches ou des fibres faiblement biréfringentes,

souvent à bords confus et à formes indiscernables, parfois laissant entrevoir des contacts grossièrement rectilignes qui, dans une lame parallèle à une face cubique, sont les uns parallèles aux arêtes de la lame, les autres diagonaux. Les contacts diagonaux dominent au voisinage des diagonales et y forment souvent quatre pinceaux de fibres très grossièrement rectilignes, tandis que dans les quatre secteurs correspondant aux arêtes cubiques dominent les contacts normaux à ces arêtes (*photographie* 3). Dans les cristaux qui portent, avec les faces du cube, celles de l'octaèdre régulier et du dodécaèdre, les pinceaux diagonaux, très marqués, aboutissent exactement aux faces octaédriques et dodécaédriques (*photographies* 5 et 6), qui ne sont jamais bordées d'une enveloppe à forte biréfringence comme celles du cube. Mais, dans ces cristaux comme dans les autres, le tout s'éteint complètement lorsque l'arête du cube est parallèle à l'un des plans principaux des nicols. Il est évident que cette matière n'est homogène qu'en gros, et que la quasi-isotropie qu'elle présente fréquemment n'est que le résultat du croisement d'éléments biréfringents trirectangulaires, à la façon de la leucite. Mallard la considérait avec raison comme telle. Cette substance possède des clivages très parfaits parallèles aux faces du cube, beaucoup plus faciles et brillants que ceux de la cumengéite. Mais, en y regardant de près, sur le goniomètre, on voit souvent briller de distance en distance, dans sa masse, des clivages exactement parallèles à ceux que nous allons retrouver dans la zone externe. Cela seul suffirait à faire penser que la zone centrale résulte de l'enchevêtrement des cristaux qui se trouvent isolés dans la zone externe.

La zone externe, qui ne diffère en rien comme couleur et aspect de la zone centrale, est biréfringente et uniaxe négative. Elle se compose de trois orientations trirectangulaires d'une substance quadratique dont l'axe est, pour chacune,

Fig. 3. — Boléite. Cristal cubique dont le centre montre des fibres faiblement biréfringentes, avec double enveloppe biréfringente. Nicols croisés. Grossi 10 fois. Photographie d'une préparation de M. A. Lacroix, ainsi que les suivantes.

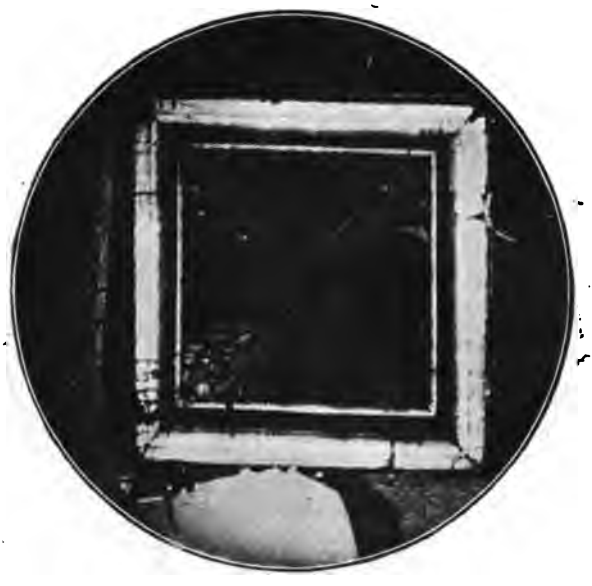


Fig. 4.

parallèle à un axe quaternaire du cube et dont la base s'applique sur la face correspondante du cube. En général, cette zone est peu homogène et formée d'enveloppes cubiques successives de biréfringences diverses. Il n'est pas rare de trouver, après une zone biréfringente, une nouvelle zone

Fig. 5. — Boléite. Cristal cubique avec faces d'octaèdre, montrant les pinceaux de fibres diagonales, les enveloppes faiblement biréfringentes et un noyau central isotrope. Nicols croisés. Grossi 15 fois.

isotrope identique à celle du centre (*fig.* 4 et *photographie* 3), puis de nouveau des zones biréfringentes. Parfois, cependant, il n'y a, autour du centre isotrope, qu'une zone biréfringente uniforme. Pour tous les nombreux échantillons que j'ai vus, la partie isotrope ou quasi-isotrope centrale est beaucoup plus développée que l'enveloppe biréfringente, et, d'autre part, il est très rare que l'enveloppe biréfringente fasse dé-

faut. Elle manque dans quelques rares cristaux cubiques, et ne se présente, dans les cubo-octaèdres, que sous forme de bandes très peu biréfringentes et peu homogènes parallèles aux faces du cube et interrompues souvent par celles de l'octaèdre ou du dodécaèdre.

Fig. 6. — Boléite. Cristal analogue au précédent, avec faces octaédriques et fibres diagonales plus développées. Nicols croisés. Grossi 10 fois. (Les trois dernières préparations sont entourées de lames de barytine taillées avec la boléite).

Le contact des zones biréfringentes avec la zone isotrope n'est pas, en général, net ni plan, mais présente des ondulations et surtout des indentations, parfois de véritables fibres pénétrant dans la matière isotrope et dirigées à peu près suivant les diagonales et les côtés de la face cubique. La substance biréfringente se fond manifestement dans la zone centrale, par fibres parallèles aux contacts de deux zones

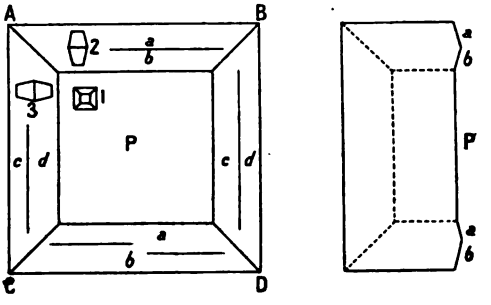
quadratiques contiguës. Ce fait, joint aux variations de la biréfringence, confirme encore que la matière quadratique qui constitue la zone externe n'est autre que celle dont les groupements trirectangulaires produisent la zone centrale isotrope, et qu'il n'y a pas de différence essentielle entre les deux zones. C'est ce que l'analyse chimique établira définitivement.

M. Lacroix donne, pour la boléite, $n_g - n_p = 0{,}010$. En fait, la biréfringence des enveloppes successives étant variable, il n'est pas rare que la biréfringence ait à peu près cette valeur, et même des valeurs plus faibles; c'est le cas notamment pour les cubo-octaèdres. Mais, en choisissant dans chaque préparation la zone la plus biréfringente (les autres devant être considérées, d'après ce qui précède, comme des mélanges à proportions diverses des trois orientations, avec biréfringence atténuée), on arrive à des chiffres plus élevés. J'ai mesuré ainsi pour $n_g - n_p$ des nombres variant de 0,015 à 0,020. Le plus souvent, dans les cristaux de forme cubique, $n_g - n_p$ est voisin de 0,017 dans la bande la plus biréfringente. Exceptionnellement, une seule bande très mince m'a donné jusqu'à 0,024 à 0,025. Je ne saurais dire s'il ne s'agissait pas, dans ce cas, de pseudo-boléite interposée. Dans tous les cas, les nombres les plus élevés devant se rapprocher le plus de la biréfringence du minéral simple, non maclé, cette biréfringence atteint 0,020 au moins, et peut-être jusqu'à 0,025.

Au point de vue des clivages, la zone externe est remarquable. Elle présente avant tout un clivage basal extrêmement facile et net, parallèle à la face du cube sur laquelle elle est appliquée. Mais, de plus, elle offre des clivages octaédriques très curieux, clivages très nets parallèles à l'arête du cube et faisant avec la face du cube adjacente au clivage basal un angle très petit, bien constant, de 14°3′ (normales, moyenne de 11 mesures). Ces clivages s'obtiennent sans aucune pré-

caution spéciale en brisant un cube de boléite suivant son clivage cubique P (*fig. schématique* 7). On voit alors aisément, en faisant miroiter ce clivage, qu'il ne se prolonge pas jusqu'au bord du cristal, mais s'arrête à la limite de la zone externe, laquelle se délimite ainsi nettement sans le secours de la lumière polarisée. Dans chacune des quatre bandes AB, AC, ..., on voit miroiter les clivages *a* et *b* ou *c* et *d*, à 14° 3′

Fig. 7.



du précédent. En même temps on y aperçoit, par taches isolées très petites, des fragments de clivage cubique miroitant avec P, évidemment dus aux éléments quadratiques dont l'axe est placé normalement à la face P (orientation 1 de la figure) et qui viennent se mêler à ceux qui dominent dans la zone, en diminuant la biréfringence. De même, de distance en distance, on voit souvent briller dans la bande AB des clivages locaux parallèles aux clivages octaédriques *c*, *d* de l'autre bande AC, et qui révèlent l'existence, au milieu de la zone où domine l'orientation 2, de quelques éléments ayant l'orientation 3. De même, enfin, ainsi que nous l'avons dit, on voit souvent, de place en place, briller dans la zone centrale des fragments de clivages parallèles à *a* ou *b*, *c* ou *d*. Cela se voit très nettement sur le goniomètre.

On voit que l'élément constitutif de la boléite est quadra-

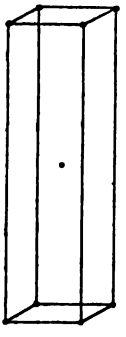
tique et présente : 1° un clivage basal extrêmement facile et net parallèle à l'une des faces de l'ensemble cubique; 2° aucune trace de clivages parallèles aux autres faces du cube; 3° quatre clivages octaédriques parallèles aux arêtes de la base, et faisant avec les autres faces du cube un angle de 14°3′ (normales).

Dans le centre du cristal, les trois orientations sont à peu près en égales proportions, et sous forme d'éléments assez fins pour être, en général, à peine discernables, souvent même plus du tout sous le microscope. Dans ce dernier cas, le centre est isotrope. A l'extérieur, le long de chaque face cubique, domine l'orientation dont l'axe quaternaire est normal à la face du cube, mais avec mélange des deux autres en proportions variables. Dans la zone centrale, l'apparence de trois clivages cubiques provient de ce que le clivage basal, beaucoup plus facile et parfait, domine de beaucoup. Mais dans l'une et l'autre zone on aperçoit le plus souvent des traces très nettes des clivages caractéristiques des trois orientations. La zone centrale ne diffère de la zone externe que par une répartition à peu près égale des trois orientations.

Ce clivage octaédrique est bien remarquable. Il met en évidence de la manière la plus nette que la boléite *n'a rien de pseudo-cubique*. Il est, en effet, presque exactement parallèle, pour chaque orientation, à quatre des faces b^4(410) du cube. Or, non seulement la loi de Bravais donne, dans un réseau cubique, une importance infime à une telle forme; mais, sans même recourir à cette loi précise, il suffit d'observer que jamais un cristal cubique n'a présenté un tel clivage. C'est à peine si la forme b^4 est connue à l'état de rareté comme face extérieure. Lorsqu'on s'est affranchi de l'idée que la macle trirectangulaire des cristaux quadratiques implique forcément un réseau pseudo-cubique, idée qui, comme je l'ai fait voir ailleurs, se heurte partout à des contradictions, il ne

reste aucune espèce de raison de considérer la boléite comme pseudo-cubique. Sa maille, dont le paramètre $c:a$ est égal à cot 14°3′, c'est-à-dire 3,996, ou dans la limite de précision des mesures 4,00, lui permet de se grouper, selon la loi générale des macles par pseudo-mériédrie réticulaire, par rotation de 90° autour d'une des rangées [100] ou [010]. La maille multiple ayant pour hauteur c et pour paramètres de la base a et

Fig. 8.



$4a$, d'un volume quadruple de celui de la maille simple, est rétablie presque rigoureusement par cette rotation. Ce groupement se fait, dans la zone centrale, entre éléments très fins et à peu près également répartis en moyenne. L'ensemble prend naturellement la forme cubique, qui correspond à la symétrie du groupement. Mais le minéral élémentaire n'a pas pour cela un réseau ni un motif pseudo-cubiques. Il n'y a pas plus de raisons de qualifier la boléite de pseudo-cubique qu'il n'y en aurait de qualifier le pyroxène ou le gypse de pseudo-orthorhombiques sous prétexte que leurs macles offrent la symétrie orthorhombique. La seule particularité de la boléite est d'avoir un paramètre $c:a$ très voisin d'un nombre entier simple. Ce fait, qui ne peut, quant à présent, être considéré que comme un fait de hasard, par lui-même dépourvu d'in-

térêt, c'est-à-dire sans rapport connu avec aucune idée théorique quelconque, suffit à rendre compte de la macle et, par suite, de l'apparence cubique du groupement. Il n'implique, me semble-t-il, en aucune façon qu'il y ait dans la constitution de la boléite rien qui ressemble à la constitution des cristaux cubiques. Son paramètre est, bien au contraire, extraordinairement différent de celui des cristaux cubiques. La maille est représentée (*fig.* 8).

Que ce paramètre soit le paramètre correct du réseau, c'est ce que confirme la loi de Bravais. La forme dominante, comme face et comme clivage, est p(001). Vient ensuite l'octaèdre, clivage encore très facile et net, que nous devons noter a^1(101). Le mode du réseau est évidemment octaédral, la grandeur exceptionnelle du paramètre c exigeant que, malgré ce mode qui fait, en général, prédominer l'octaèdre a^1, la face p soit cependant encore plus importante. L'ordre des aires réticulaires croissantes est le suivant :

	p.	a^1.	a^2.	m.	b^1.	a^5.	b^2.	h^1.	
	001	101	103	110	112	105	114	100	
s :	0,5	1,03	1,25	1,41	1,50	1,60	1,73	2,0	....

Ce qui rend compte parfaitement de la prédominance de p et a^1 et de leur importance relative.

Les faces, d'ailleurs grossières, d'octaèdre régulier et de dodécaèdre rhomboïdal qui apparaissent de temps en temps sur les cristaux de boléite n'existent que sur des cristaux dont l'enveloppe est peu biréfringente. Elles affectent uniquement la zone centrale, où elles ont manifestement pris naissance, et m'ont paru toujours interrompre la bordure biréfringente. Ces faces donnent lieu à une remarque intéressante que j'ai eu l'occasion de faire déjà sur d'autres espèces. L'octaèdre régulier, rapporté au primitif du cristal simple quadratique, se note b^2(114) pour les trois orientations de ce

cristal simple. Le dodécaèdre se note m (110) pour l'une d'elles et a^4 (104) pour les deux autres. A part m, ces formes sont, dans le cristal simple, dépourvues d'importance, surtout la dernière. Il est à peu près certain que, sur un cristal homogène isolé de boléite, ces faces b^2 et a^4 n'existeraient pas, à moins d'être subordonnées aux formes a^3, b^1, a^5, ..., que la loi de Bravais classe comme plus importantes.

Mais la substance isotrope formée par le groupement acquiert par ce groupement la symétrie cubique avec le mode hexaédral, la macle ne rétablissant pas le nœud qui centre le prisme quadratique. En d'autres termes, la maille multiple qui, malgré le groupement, se poursuit à travers tout l'édifice, et dont l'existence est, comme je l'ai montré, la condition de toute macle, est cubique et du mode hexaédral. Or, dans ce mode, les formes dominantes sont précisément : 1° le cube ($s = 1$); 2° le dodécaèdre ($s = \sqrt{2}$), l'octaèdre ($s = \sqrt{3}$). Il est extrêmement remarquable que cette forme de cube, avec octaèdre et dodécaèdre subordonnés, caractéristique d'un réseau cubique du mode hexaédral, soit celle qu'affecte la matière de la zone centrale, malgré l'imperfection de son isotropie et de son homogénéité.

Si les considérations que j'ai développées ailleurs au sujet de la théorie des macles [1] sont exactes, il y a, dans le motif cristallin de la boléite simple, certains points a tels que leur placement aux sommets d'un réseau continu de parallélépipèdes dans tout l'édifice cristallin suffit à assurer la stabilité de cet édifice quelle que soit d'ailleurs l'orientation du reste du motif. Ce réseau, multiple du réseau simple, est ici un réseau cubique du mode hexaédral. Il se prolonge sans discontinuité à travers toute la masse du cristal complexe, quelle que soit

---

[1] *Étude sur les groupements cristallins* (*Bull. Soc. Ind. Minérale*, 4e série, t. III et IV).

celle des trois orientations possibles qu'affecte, en tel ou tel point, le motif cristallin. Si les variations de l'orientation du motif étaient réparties régulièrement, il deviendrait le véritable réseau cristallin, c'est-à-dire la période, de l'ensemble. Et selon la loi de Bravais, il déterminerait alors, par rang d'aires réticulaires croissantes, l'ordre d'importance décroissant des faces. Il est bien curieux de l'observer jouant déjà ce rôle malgré l'irrégularité et la grossièreté des dimensions des éléments groupés, rendues manifestes par l'isotropie souvent imparfaite de la masse. Dans cette masse, il n'y a qu'une chose régulière, périodique, c'est la répartition des points *a*. Il n'y a pas, à proprement parler, de réseau cristallin de l'ensemble, puisqu'il n'y a pas d'homogénéité, donc pas de périodicité applicable à tous les points du milieu. Mais il y a, si la théorie des macles est exacte, quelque chose de périodique néanmoins, et qui est la répartition des points *a* en un réseau cubique hexaédral. Si l'on n'admet pas l'existence des points *a*, base de la théorie de Mallard et de ses extensions récentes, cette périodicité elle-même disparaît et il devient complètement inexplicable qu'elle se manifeste dans les formes extérieures comme s'il s'agissait d'un cristal homogène.

Le fait que les formes extérieures manifestent, dans l'édifice complexe, l'existence d'un réseau commun à toutes les parties de cet édifice hétérogène, c'est-à-dire que dans cet édifice non périodique il y a cependant quelque chose de périodique et qui jouit de cette propriété de déterminer les formes cristallines comme le fait le véritable réseau d'un cristal homogène; et cet autre fait remarquable que ce réseau, ainsi manifesté, non seulement possède la symétrie, mais a la forme et le mode du réseau que la théorie des macles nous montre précisément se poursuivant à travers tout l'édifice complexe; ces deux faits sont d'abord, je pense, une confirmation de la théorie des macles telle que je l'ai

proposée. Et, d'autre part, ils jettent un jour nouveau sur la loi de Bravais, en la montrant applicable non seulement dans les cas d'homogénéité parfaite où il semble exister une véritable période, mais dans le cas de groupements hétérogènes d'éléments maclés inégaux en dimension, pourvu seulement que ces éléments soient assez petits. Le réseau qu'elle révèle alors n'est plus une période pour tous les points du milieu, mais il l'est pour certains de ces points. Et le fait remarquable est que cette périodicité partielle suffit à déterminer les formes cristallines. De même qu'au point de vue de la théorie des macles, le fait remarquable est que ce réseau est précisément identique à celui que fait prévoir cette théorie.

De ces deux faits résulte cette curieuse conséquence : Étant donnée une espèce simple, dont le réseau est bien connu par la loi de Bravais, et étant donnée la loi de la macle, on peut prévoir *a priori* le réseau que manifestera la loi de Bravais dans l'espèce complexe résultant de la répétition très multipliée de cette macle, en d'autres termes fixer *a priori* l'ordre d'importance des formes de cette espèce complexe. J'en rappellerai ici un seul exemple frappant, me réservant de revenir plus en détail sur ce sujet lorsque j'aurai pu achever le long travail de la revision des paramètres conformément à la loi de Bravais. Je n'ai pu donner que quelques exemples de ces déterminations dans l'étude des macles, mais je puis dire dès maintenant qu'elles conduisent, à bien des points de vue, à des résultats que le choix arbitraire des paramètres laissait vagues ou inaperçus.

Dans les pyroxènes rhombiques, on présume, depuis longtemps, que l'on doit voir des groupements, parfois mal homogènes, d'éléments clinorhombiques semblables à ceux des pyroxènes ordinaires. J'ai fait voir déjà [1] que la maille que

---

[1] *Groupements cristallins*, p. 314 et 416.

révèle la loi de Bravais dans les pyroxènes orthorhombiques n'est autre précisément que la maille multiple que, dans le pyroxène clinorhombique, laisse inaltérée la macle h^1. En sorte qu'étant donné le réseau du pyroxène clinorhombique, que la loi de Bravais fixe avec une remarquable certitude, et sachant que la macle h^1 peut se répéter assez finement pour fournir un ensemble homogène ou quasi-homogène de symétrie orthorhombique, on peut calculer *a priori* l'ordre d'importance des faces de cette nouvelle espèce plus symétrique. On établit ainsi *a priori* les formes dominantes, mode d'allongement ou d'aplatissement habituel, clivages, du pyroxène orthorhombique tels qu'on les constate en effet, tout différents de ceux qui caractérisent le pyroxène proprement dit.

Lorsque le groupement se fait par mériédrie ou pseudo-mériédrie (par exemple orthose et microcline), le réseau qui détermine les formes dominantes reste le même (ou à peu près le même, dans la pseudo-mériédrie) que la véritable période du cristal simple, tout en n'étant plus pour l'espèce complexe qu'un réseau suivant lequel sont répartis *certains points spéciaux* du motif à l'exclusion des autres. Dans ce cas, le groupement ne change rien (si ce n'est de légères modifications des angles) aux formes extérieures, facies général et clivages. Dans le cas de la mériédrie ou pseudo-mériédrie réticulaire au contraire, il les modifie profondément et *d'une manière que la loi de Bravais permet de prévoir*. C'est le cas de la boléite, qui n'est pas un cas isolé, mais un exemple de plus d'un fait général.

Le poids spécifique de la boléite, pris sur cinq cristaux cubiques bien purs, du poids total de 1g,3185, est de 5,054 à 18°,7 (Mallard, 5,08) (1).

---

(1) D'après une Communication personnelle de M. Lacroix, la densité

Restait à refaire l'analyse chimique, les anciennes analyses correspondant médiocrement à la formule admise, l'eau n'ayant pas été dosée autrement que par perte de poids, et enfin la nécessité s'imposant de vérifier la conclusion de l'étude cristallographique, savoir l'identité des substances composant les deux zones. En limant avec précaution de gros cristaux, j'ai pu isoler une certaine quantité de matière de la zone externe, et, de même, en poussant l'usure plus loin pour faire disparaître toute trace de cette zone, une certaine quantité de la matière isotrope centrale. Les couleurs des deux poussières sont identiques. L'identité des deux substances s'étant confirmée d'une manière complète par les dosages de Pb, Cl, Cu et Ag, j'ai fait ensuite le dosage de l'eau sur des cristaux entiers contenant les deux zones. Les dosages ont été faits comme pour la cumengéite.

Les colonnes I (zone interne) et II (zone externe) donnent les résultats, la colonne III la moyenne des deux analyses.

	I.	II.	III.	IV.	V.
Pb	49,16	49,52	49,34	48,89	49,93
Cl (1)	17,04	17,28	17,16	16,77	17,13
AgCl	12,03	11,16	11,59	11,30	11,54
CuO	17,17	17,20	17,18	18,78	17,05
Résidu (2)	0,21	0,25	0,23	»	»
H^2O (3)	4,35	4,35	4,35	4,26	4,35
	99,96	99,76	99,85	100,00	100,00

de 5,254 trouvée par lui pour un cubo-octaèdre de boléite, et d'où il avait conclu à la probabilité d'une teneur en argent supérieure pour les cristaux de cette forme, est due à un mélange de matières étrangères, probablement phosgénite.

(1) Il s'agit là du Cl restant après précipitation de AgCl.

(2) Le résidu insoluble dans AzH^3 et dans AzO^3H étendu froid paraît composé surtout d'oxyde ferrique, comme celui de la cumengéite.

(3) L'eau a été dosée sur $0^g,6591$ de matière, le reste sur $0^g,4190$ pour la zone interne, sur $0^g,2777$ pour la zone externe.

On voit qu'au point de vue de la composition chimique les deux zones sont identiques. Il y a seulement dans la zone externe un léger déficit d'argent, trop faible pour qu'on puisse le considérer comme certain et caractéristique. La correspondance du Pb et du Cl sous forme de $PbCl^2$, imparfaite dans les analyses antérieures, est ici très satisfaisante. Il n'y a aucun doute que le plomb est sous forme de $PbCl^2$, le cuivre sous forme de CuO et l'argent sous forme de AgCl. Par contre, la proportion de cuivre est nettement trop faible pour la formule admise par Mallard : $3PbCl^2$, 3CuO, AgCl, $3H^2O$, qui est calculée dans la colonne IV. Elle satisfait au contraire très exactement à la formule

$$9PbCl^2,\ 8CuO,\ 3AgCl,\ 9H^2O$$

calculée dans la colonne V, et qui représente d'une manière presque parfaite la moyenne des deux analyses, surtout si l'on tient compte que la pesée du plomb en sulfate a tendance à donner des résultats un peu faibles, en raison de la réduction difficile à éviter complètement.

CRISTAUX COMPLEXES.

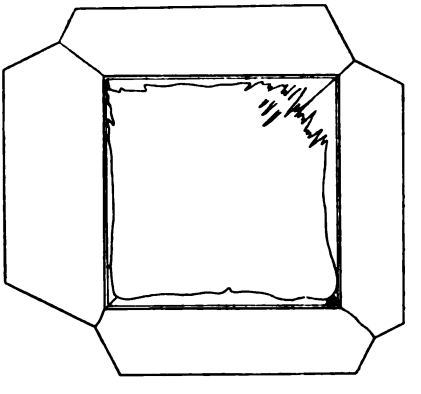
Ce troisième type comprend des édifices cristallins complexes où la boléite s'associe à la pseudo-boléite et à la cumengéite.

On peut distinguer deux sortes de cristaux : ceux où la boléite est associée à la pseudo-boléite seule, et ceux où intervient la cumengéite. Nous décrirons d'abord les premiers, les seuls d'où il ait été possible d'isoler la pseudo-boléite.

Ces cristaux ressemblent extérieurement beaucoup à la boléite, dont ils ont exactement la couleur, l'éclat et la forme cubique dominante. Mais ils présentent invariablement, le

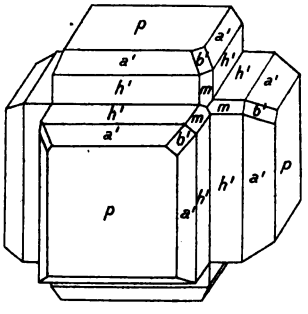
Fig. 9. — Boléite et pseudo-boléite. Nicols croisés. Grossi 12 fois.

Fig. 10.



long des arêtes du cube, des angles rentrants limités par des faces à peu près parallèles aux faces b^2 (210) du cube (*fig.* 10, 11 et *photographie* 9), et parfois aussi, quand ces rainures sont très profondes, par des faces de cube (*fig.* 11). En les taillant en lames parallèles aux faces de cube (*fig.* 10 et *photographie* 9) et en examinant entre les nicols, ou comme pour la boléite en

Fig. 11.



brisant ou usant une face de clivage cubique et faisant miroiter celle-ci à la lumière, on s'aperçoit que le cristal se compose de trois zones. Les deux intérieures sont identiques à celles de la boléite : celle du centre est quasi-isotrope, et sa première enveloppe, qui se fond en général dans cette zone centrale par fibres diagonales, avec contact irrégulier et souvent vague, ne paraît différer en rien de l'enveloppe biréfringente des cubes de boléite. Elle en a la biréfringence et les clivages à 14° des faces cubiques. On verra que l'analyse confirme que ces deux zones centrales constituent un cube de boléite semblable à ceux qui ont été décrits ci-dessus.

Autour de ce cube, et portant les angles rentrants, vient une nouvelle enveloppe qui en lumière naturelle, dans les lames minces, ne se distingue pas notablement par sa couleur de la boléite. En regardant avec beaucoup d'attention on lui

trouve cependant une teinte un peu plus bleue. Entre les nicols elle apparaît beaucoup plus biréfringente, et d'une teinte uniforme, sans rien des bandes successives de la boléite. C'est la pseudo-boléite de M. Lacroix (percylite de Mallard). Elle est séparée de la zone de boléite biréfringente par une surface de contact absolument nette, plane et parallèle aux faces cubiques de la boléite, sans aucune pénétration ni fusion des deux zones.

Cette pseudo-boléite se différencie immédiatement de la boléite biréfringente, non seulement en lames minces par sa biréfringence plus élevée, mais sur la cassure par des clivages particuliers, analogues à ceux de la boléite biréfringente, mais faisant avec le clivage cubique du noyau un angle à peu près double.

La pseudo-boléite est, comme les deux autres espèces, uniaxe négative. Son axe optique est, sur chaque face du cube, parallèle à celui de la zone biréfringente de ce minéral, en sorte que dans le cristal complexe tout s'éteint en même temps. La biréfringence est évaluée par M. Lacroix à 0,038. J'ai obtenu pour la moyenne de cinq mesures directes 0,032. La comparaison des retards par le procédé de l'analyseur circulaire m'a donné 1,90 pour le rapport des biréfringences de la pseudo-boléite et d'une boléite de biréfringence moyenne (0,017 environ) au contact de ces minéraux dans une lame de faible épaisseur. Ce qui conduit aussi à $n_g - n_p = 0,032$ environ. Il n'y a pas de polychroïsme appréciable.

La pseudo-boléite ressemble beaucoup à la boléite par la disposition de ses clivages. Elle présente un clivage parfait dominant parallèle à la base, donc parallèle au clivage basal de la boléite sur laquelle elle est appliquée, et aucune trace de clivages parallèles aux autres faces du cube. Par contre, elle a quatre clivages octaédriques très nets et faciles parallèles à l'arête du cube, comme ceux de la boléite. Ces clivages

sont parallèles aux faces qui apparaissent invariablement sur chaque cristal de pseudo-boléite, dans l'angle rentrant, et fournissent de meilleures mesures que ces faces. J'ai mesuré (moyenne de quatorze mesures) 26° 18′ pour l'angle (normales) de ce clivage octaédrique avec la face cubique de la boléite qui est du même côté, soit encore 63° 42′ pour l'angle du clivage octaédrique avec le clivage basal. Mallard a obtenu 63° 44′ par des mesures faites sur les faces. Pour la face b^2 (210) du cube, cet angle serait de 63° 26′.

On voit que la pseudo-boléite a, comme la cumengéite et comme la boléite, un réseau du mode octaédral à grand paramètre vertical. Ce paramètre est ici

$$c:a = \text{cotang}\, 26^\circ\, 18' = 2,023,$$

soit à peu près moitié du paramètre de la boléite et le double du paramètre cubique. Le mode octaédral, avec ce paramètre, donne aux faces les aires réticulaires suivantes :

	p.	a^1.	*m*.	b^1.	a^3.	h^1.	
	001	101	110	112	103	100	
s :	0,99	1,11	1,41	1,72	1,79	2,0	....

p est le clivage principal, a^1 le clivage octaédrique encore parfait. J'ai observé parfois les faces *m* et b^1 (*fig.* 11), la dernière presque parallèle à l'octaèdre régulier de l'ensemble cubique; h^1, parallèle aux faces cubiques, est fréquente. Par contre, a^3 n'a pas été observée. Il n'y a d'ailleurs que *p* et a^1 qui soient constantes, et leur prédominance suffit à fixer sans ambiguïté le paramètre et le mode du réseau.

On voit que le réseau de la pseudo-boléite n'est pas plus pseudo-cubique que celui de la boléite. Aucun cristal cubique ne présente les clivages b^2. A vrai dire, d'ailleurs, ce minéral ne forme pas de groupements pseudo-cubiques qui soient de vraies macles. Car on ne le trouve pas isolé, mais toujours

enveloppant un cristal de boléite, et l'on n'observe aucun enchevêtrement des trois orientations qu'il présente, ni aucune de ces variations de biréfringence qui, comme dans la boléite, puissent faire soupçonner de tels enchevêtrements, non plus que des traces, dans chaque plage, des clivages propres aux deux autres orientations. Chaque plage est parfaitement homogène. Il semble donc que les trois orientations trirectangulaires de la pseudo-boléite sont dues à l'accolement parallèle de celle-ci sur la boléite et ressortissent des groupements d'espèces différentes plutôt que des vraies macles. Toutefois la valeur du paramètre rendrait une macle très naturelle, et il n'y aurait rien d'étonnant à ce qu'elle se rencontrât dans les cristaux isolés de pseudo-boléite, si de tels cristaux existent. Il n'en est plus de même du groupement tout à fait semblable que nous constaterons pour la cumengéite.

On verra que l'extrême dissemblance des compositions chimiques de la boléite et de la pseudo-boléite rend peu probable qu'il y ait autre chose qu'un hasard dans le fait que le paramètre $c:a$ de celle-ci soit à peu près moitié du paramètre de celle-là. La cumengéite, beaucoup plus voisine, au point de vue chimique, de la pseudo-boléite que ne l'est la boléite, a un paramètre $c:a = 1,625$, sans aucun rapport simple avec les deux autres. Il y a entre les trois espèces des ressemblances frappantes de couleur, de symétrie et de mode du réseau, ressemblances encore accentuées par leurs groupements parallèles. Mais il me paraît impossible quant à présent de rattacher à aucune idée théorique connue les valeurs particulières 1,625, 2,023, 4,00 de leurs paramètres.

On voit dès maintenant que, l'étude de la boléite ayant montré surabondamment que l'enveloppe biréfringente des cubes de boléite est bien la substance quadratique dont l'enchevêtrement trirectangulaire forme la partie isotrope de

cette espèce, Mallard a été dans l'erreur en attribuant ce rôle d'abord à la cumengéite, puis plus tard à la pseudo-boléite (percylite). Celle-ci constitue bien une espèce distincte, simplement accolée à la boléite. C'est ce que l'analyse confirme.

Les cristaux du type que nous venons de décrire sont rares et généralement petits. J'en ai eu assez cependant pour effectuer à la lime une séparation de la pseudo-boléite et du centre de boléite. J'ai obtenu ainsi $0^g,1829$ de partie centrale et seulement $0^g,0943$ de pseudo-boléite. D'autre part, j'ai pu utiliser 1^g environ à la détermination de la densité globale, sans pouvoir malheureusement songer à prendre directement la densité de la pseudo-boléite; et de même $0^g,5$ environ au dosage global de l'eau. L'analyse a été faite selon la méthode indiquée plus haut. Les résultats sont les suivants : colonne I, pseudo-boléite. Colonne II, boléite centrale.

	I.	II.
Pb	53,5	47,7
Cl (1)	20,2	17,9
AgCl	1,6	10,3
CuO	16,5	16,1
Résidu (2)	0,8	1,1

On voit que : 1° la partie centrale est bien de la boléite. L'analyse, bien qu'assez grossière, ne laisse aucun doute à ce sujet.

2° La pseudo-boléite contient nettement plus de $PbCl^2$ que la boléite, et par contre ne contient presque pas d'argent. En raison de la difficulté de séparer la substance lorsqu'on est obligé, comme je l'étais par le petit nombre d'échantillons,

(1) C'est-à-dire chlore restant après la précipitation de AgCl.

(2) Le résidu contient, comme dans les autres espèces, un peu de fer, et aussi un peu de matières étrangères dont la trop faible quantité n'a pas permis de déterminer la nature.

de chercher à ne rien perdre, je crois pouvoir admettre que la petite quantité d'argent provient d'un mélange de boléite, et que la pseudo-boléite pure est exempte d'argent.

Le dosage de l'eau, effectué par la même méthode que précédemment, sans séparation, sur $0^g,4968$ de cristaux complexes, a donné 4,67 pour 100, soit une teneur notablement supérieure à celle de la boléite.

Le poids spécifique, déterminé de même sur dix-huit petits cristaux complexes pesant ensemble $1^g,0987$, a été de 4,996 à 17°.

Je n'avais malheureusement aucun moyen de déterminer exactement la proportion de pseudo-boléite existant dans les échantillons qui ont servi à ces deux dernières déterminations. Néanmoins, comme les différences avec la boléite sont faibles, une évaluation grossière peut suffire. D'après l'épaisseur de la zone externe des cristaux cassés, j'évalue entre $\frac{1}{3}$ et $\frac{1}{4}$ la proportion de pseudo-boléite, pour $\frac{2}{3}$ ou $\frac{3}{4}$ de boléite. La teneur en eau de la boléite étant connue, celle de la pseudo-boléite s'en déduit alors aisément. On trouve ainsi de 5,31 à 5,63 pour 100. Soit environ 5,5 pour 100, avec une incertitude en somme assez faible. Ce qui est certain en tout cas, c'est que la teneur en eau est supérieure à celle de la boléite. Elle paraît un peu inférieure à celle de la cumengéite.

Dans les mêmes conditions, la densité se trouve comprise entre 4,83 et 4,88, soit environ 4,85 pour le minéral pur. Ici l'incertitude est encore moindre. Il est certain, en tout cas, que la densité est inférieure à celle de la boléite et supérieure à celle de la cumengéite.

Si, admettant que les 1,6 pour 100 de chlorure d'argent sont dus à un mélange de boléite, on corrige l'analyse de la quantité de boléite correspondante en tenant compte ensuite de la teneur en eau évaluée ci-dessus, on trouve ainsi pour la pseudo-boléite pure la composition suivante (colonne I):

	I.	II.
$PbCl^2$	77,5	76,52
CuO	16,9	17,51
H^2O	5,5	5,97
	100,00	100,00

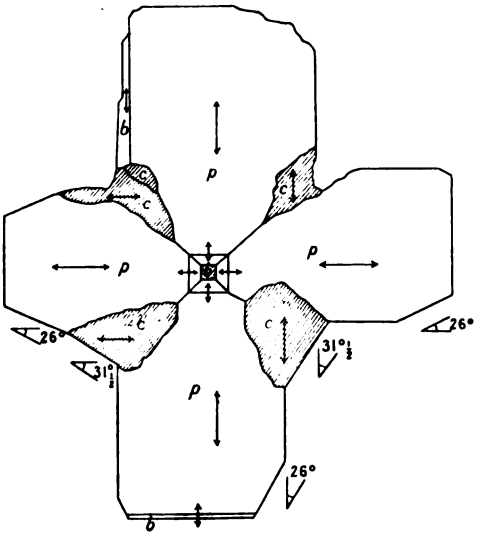
La formule $5PbCl^2$, $4CuO$, $6H^2O$ (colonne II) correspond assez bien à cette composition. Mais elle n'est basée que sur une analyse insuffisante et suppose plusieurs hypothèses. Je ne puis la donner que comme une première approximation. Une formule plus compliquée : $8PbCl^2$, $6CuO$, $9H^2O$ conviendrait encore mieux; mais, l'analyse étant peu précise, il faut évidemment simplifier le plus possible les coefficients tant qu'on ne dépasse pas les erreurs d'analyse admissibles. La formule $5PbCl^2$, $4CuO$, $6H^2O$ présente d'ailleurs une particularité remarquable qui n'est pas sans lui donner quelque poids, et sur laquelle nous reviendrons tout à l'heure.

On peut, en tout cas, affirmer en toute certitude que la pseudo-boléite contient peu ou pas d'argent et diffère par là de la boléite. Cela la rapproche, au contraire, de la cumengéite, mais tous les caractères cristallographiques la distinguent de cette espèce. Elle constitue donc bien une espèce indépendante.

Restent à examiner les cristaux, plus complexes encore, où à la boléite et à la pseudo-boléite s'ajoute la cumengéite. Les deux premières espèces y sont disposées comme dans les cristaux qui viennent d'être décrits. La cumengéite apparaît dans les angles rentrants, bien reconnaissable à l'extérieur grâce à sa teinte bleue moins noirâtre et à ses faces spéciales. Elle est orientée comme la boléite biréfringente et comme la pseudo-boléite, son axe quaternaire normal à une face du cube, et ses faces et clivages octaédriques parallèles aux arêtes cubiques de cette face.

Fig. 12. — Boléite, pseudo-boléite et cumengéite. Nicols croisés. Grossi 25 fois.

Fig. 13.



Ces clivages font ainsi avec l'une des autres faces cubiques un angle (normales) de 31° 16′ (pseudo-boléite 26° 18′; boléite 14° 3′). En général, la cumengéite n'apparaît extérieurement que sous forme de bandes étroites dans le fond des angles rentrants. En lames minces et en lumière naturelle, elle apparaît nettement en raison de sa teinte d'un bleu plus pur que celui des autres espèces. Entre les nicols, sa biréfringence excessivement grande la sépare plus nettement encore. On la voit toujours placée dans les quatre angles, sous forme de coins à contours irréguliers (*fig.* 12 et 13) (1), pénétrant ainsi dans la pseudo-boléite et la touchant suivant des surfaces inégales, jamais planes. On ne voit presque jamais la cumengéite pénétrer jusqu'à la boléite. Je n'ai trouvé comme exception à cette règle que le cas de l'unique lame mince représentée figure 14, où un petit coin de cumengéite pénètre dans la zone biréfringente de la boléite centrale, et d'autre part deux seuls échantillons de l'Ecole des Mines de Paris où la cumengéite est appliquée directement sur la boléite, sans interposition de pseudo-boléite (*fig.* 15, coupe schématique).

Dans ces deux derniers échantillons, tout à fait exceptionnels, le contact de la boléite et de la cumengéite se fait suivant la surface cubique de la boléite, sans pénétration aucune, et l'un des cristaux, brisé, a montré que la cohésion est très faible le long de ce contact, la cumengéite se détachant aisément de la boléite.

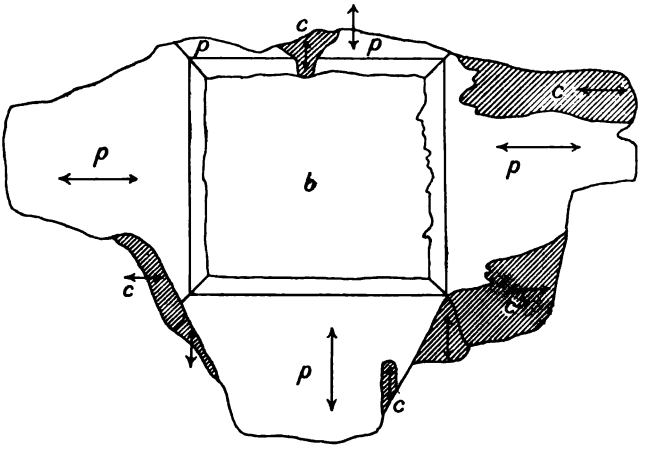
Il y a donc, en somme, une tendance très accusée du groupe pseudo-boléite-cumengéite à l'orientation parallèle,

---

(1) Figure 13, lame en partie cassée sur les bords, mais montrant bien la disposition de la cumengéite *ccc* ... en coins dans la pseudo-boléite *ppp* ... avec un très petit noyau et une enveloppe partielle de boléite *bbb* .... Les flèches indiquent l'axe optique. Mêmes lettres sur la figure 14. La lame que représente cette figure a tous ses bords cassés.

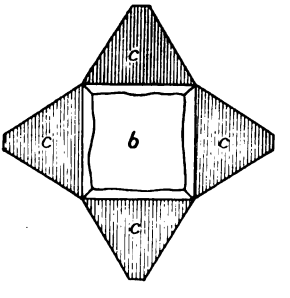
avec une pénétration indiquant évidemment une cristallisation simultanée; une tendance aussi accentuée du groupe

Fig. 14.



boléite-pseudo-boléite à la même orientation réciproque, avec contact cohérent mais enveloppement mutuel indiquant une

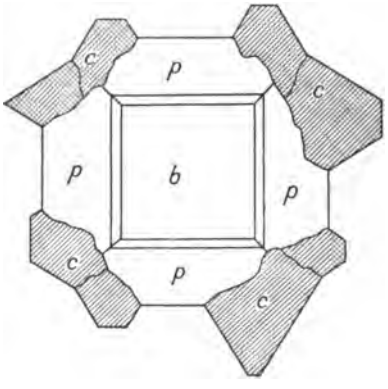
Fig. 15.



cristallisation successive; enfin une tendance moindre du groupe boléite-cumengéite à cette même orientation, l'acco-

lement étant beaucoup plus rare, et la cumengéite étant simplement déposée sur le cristal de boléite sans contact cohérent. Il est constamment manifeste que la boléite a cristallisé la première, puis, sans doute après épuisement de la solution en argent, la cumengéite et la pseudo-boléite ensemble; la pseudo-boléite paraît s'être formée d'abord en plus grande

Fig. 16.

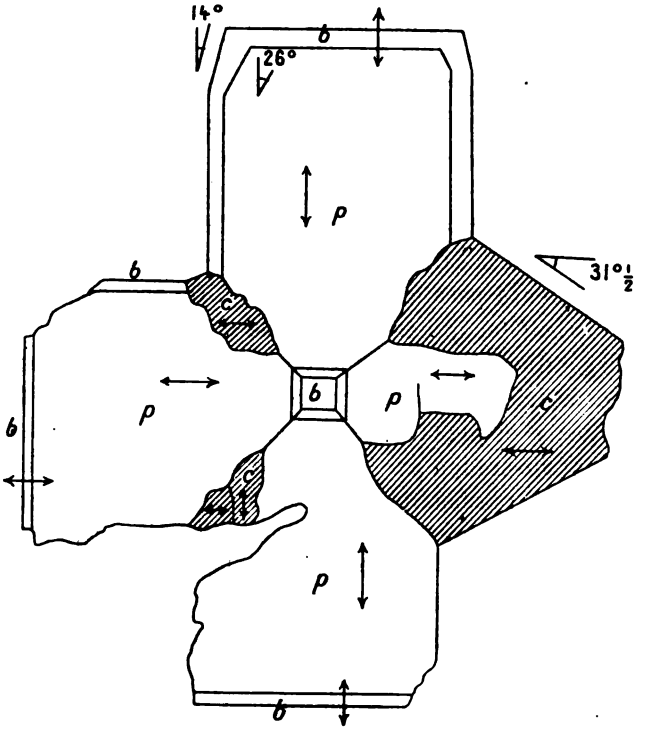


quantité, puisque c'est presque toujours elle seule qui est en contact direct avec la boléite; la cumengéite, qui est très rarement en contact direct avec la boléite, souvent au contraire mélangée à la pseudo-boléite et qui parfois enfin enveloppe entièrement celle-ci ou forme des cristaux isolés, a dû se déposer en quantités de plus en plus importantes, terminant seule la série de ces cristallisations. Toutefois, si c'est là l'ordre habituel, on va voir qu'il y a eu parfois des récurrences du dépôt argentifère de boléite.

Dans beaucoup de cristaux, les coins de boléite se développent plus que ceux de la figure 13. Ils arrivent à remplir tout l'angle rentrant et à faire saillie au dehors, laissant apercevoir, sur chaque face de l'édifice cubique, une face bleu

noirâtre de pseudo-boléite au fond d'une dépression entourée d'une bordure saillante bleu clair de cumengéite (*fig.* 16, coupe schématique) (¹). Plus rarement, les coins se rejoignent

Fig. 17.



et recouvrent entièrement d'un octaèdre de cumengéite la face de la pseudo-boléite, qui cesse d'être visible à l'extérieur. La figure 17 représente une lame mince d'un cristal de ce genre, où un seul des octaèdres de cumengéite s'est ainsi

(¹) Mêmes lettres que sur les figures 13 et 14.

développé. Très rarement enfin cela se produit sur toutes les faces, et l'on n'observe plus extérieurement que la cumengéite, semblant former un groupe de 6 cristaux à axes trirectangulaires. En brisant un tel groupe, on y reconnaît toujours au centre la boléite et, en général, la pseudo-boléite (*fig.* 2 et 15).

On remarquera enfin sur la figure 13 et surtout sur la figure 17 l'existence d'une curieuse enveloppe externe recouvrant en totalité ou en partie la pseudo-boléite, mais interrompue là où apparaît la cumengéite et ne recouvrant nulle part celle-ci. Cette enveloppe est formée de boléite biréfringente identique à celle qui entoure le cube isotrope central. On y voit reparaître, avec la biréfringence de cette espèce, les clivages à 14° qui la caractérisent, et même sur la figure 17 une face extérieure parallèle à ce clivage. On voit bien par là : 1° que la boléite, qui est revenue se déposer sur les espèces non argentifères, n'a aucune tendance à se déposer sur les faces octaédriques, seules apparentes à l'extérieur, de la cumengéite ; 2° et que la boléite et la pseudo-boléite au contraire s'accolent aussi bien par leurs faces h^1 que par leurs faces p.

En résumé : la boléite et la pseudo-boléite, qui ont cristallisé successivement, s'accolent en position parallèle aussi bien par leurs faces h^1(100) que par leurs faces p(001), avec contact intime et cohérent.

La boléite et la cumengéite, qui ont cristallisé successivement, ne s'accolent que rarement et seulement par leur face p(001), avec contact peu cohérent.

La pseudo-boléite et la cumengéite, qui ont en général cristallisé ensemble, s'associent parallèlement, mais la cristallisation simultanée ne permet pas de voir par quelles faces elles s'accolent.

Sans entrer dans le détail au sujet de la théorie des groupements d'espèces différentes, dont j'espère pouvoir faire l'objet d'une prochaine communication, je rappellerai que

l'on a constaté depuis longtemps que les espèces qui sont susceptibles de s'accoler par une certaine face ont, pour cette face commune, des réseaux remarquablement analogues de forme. Grâce à la loi de Bravais, on peut préciser et dire que des deux réseaux plans l'un est ou bien quasi identique à à l'autre ou bien quasi identique à un multiple simple de l'autre. Lorsque l'accolement peut se faire par plusieurs faces, la quasi-identité de chaque réseau à l'autre ou à un multiple de l'autre porte en général non plus sur un seul réseau plan, mais sur le réseau tout entier. Il y a là un phénomène qui est de toute évidence extrêmement voisin des macles, et aussi de la syncristallisation isomorphe, formant en quelque sorte la transition entre ces deux catégories de faits.

Mais on peut aller plus loin et tirer de cette remarque, comparée à la théorie des macles et à ce que l'on sait des mélanges isomorphes, la conséquence suivante :

S'il est vrai que, dans les macles, ce qui assure la stabilité de l'édifice, c'est le prolongement (exact ou approché), à travers tout cet édifice hétérogène, d'un certain réseau aux sommets duquel sont répartis les points analogues à un certain point du motif, à l'exclusion des autres ; s'il est vrai que quelque chose de tout à fait comparable existe dans le mélange isomorphe, qui n'est possible que si non seulement les deux réseaux sont quasi identiques de forme, mais aussi leurs mailles quasi identiques en volume, en sorte que, dans le cristal complexe hétérogène, il subsiste, malgré cette hétérogénéité, *quelque chose* qui est réparti en un réseau quasi-identique à ceux des composants ; de même dans les accolements d'espèces différentes, souvent à peine distincts du mélange isomorphe (*cf.* par exemple les accolements et mélanges des feldspaths), la quasi identité *de formes* constatée pour les réseaux plans accolés ou leurs multiples, ou parfois

pour les réseaux tout entiers ou leurs multiples, doit vraisemblablement s'accompagner aussi d'une quasi-identité *de dimensions*. Car ce n'est qu'à cette condition que l'accolement des réseaux, nœud pour nœud, de même que leur pénétration dans le mélange isomorphe, peut se produire sur une certaine étendue. Cette condition, qui n'intervient naturellement pas dans les macles, où elle est nécessairement réalisée, conduit, étant supposés connus la grandeur moléculaire et, par suite, le volume du motif de l'un des cristaux, à déterminer le volume et, par suite, le poids et la grandeur moléculaires du motif de l'autre. Si le nombre ainsi trouvé concorde constamment avec le poids moléculaire fourni d'une manière complètement indépendante par l'analyse chimique, ou avec un de ses multiples simples, il est clair que l'on devra voir dans ce fait remarquable une vérification de la théorie, et, d'autre part, un moyen de connaître la grandeur moléculaire relative des motifs des espèces, tout au moins de celles qui s'accolent entre elles, grandeur complètement inconnue jusqu'ici.

L'observation confirme cette manière de voir dans un très grand nombre de cas, et c'est précisément pour obtenir à ce sujet des données plus exactes sur un point encore mal connu que j'avais entrepris le présent travail. La formule de la pseudo-boléite reste malheureusement trop médiocrement déterminée pour que je puisse donner le groupe de la boléite pour un des exemples *démonstratifs* à l'appui de la théorie. Elle s'y applique cependant d'une manière assez remarquable.

D'abord, malgré leurs formules si dissemblables et leurs paramètres si excessivement différents, la boléite et la cumengéite, c'est-à-dire les deux espèces bien connues, présentent des paramètres absolus *a* très voisins. Si l'on prend pour molécule de la boléite $9PbCl^2$, $8CuO$, $3AgCl$, $9H^2O$, et

pour molécule de la cumengéite $4PbCl^2$, $4CuO$, $5H^2O$, le poids moléculaire de la première est 3720,5 et celui de la seconde 1516. Les densités étant respectivement 5,054 et 4,67, les volumes moléculaires sont ainsi 736 et 325. Les paramètres $c:a$ étant enfin : boléite, 3,996, et cumengéite, 1,625, les paramètres absolus ressortent à : boléite, $a = 5,69$, $c = 22,76$; cumengéite, $a' = 5,85$, $c' = 9,51$. Il paraît bien probable, d'après cela, que les valeurs très voisines de a et a' déterminent l'accolement, d'ailleurs rare, et *qui se fait exclusivement suivant la face p* dont les réseaux dans les deux espèces se montrent ainsi ayant des dimensions quasi identiques. On est conduit à croire, par conséquent, que les formules ci-dessus expriment non seulement la composition chimique brute mais la grandeur relative des deux motifs (1).

D'autre part, la formule $5PbCl^2$, $4CuO$, $6H^2O$ adoptée pour la pseudo-boléite conduit à un poids moléculaire de 1811,2 qui joint à la densité 4,85 donne un volume moléculaire de 373, soit presque exactement la moitié de celui de la boléite, alors que le paramètre $c:a$ est, on se le rappelle, également la moitié de celui de la boléite. Les deux paramètres absolus a sont donc presque identiques. Avec $c:a = 2,023$, on trouve, en effet, pour la pseudo-boléite, $a'' = 5,69 = a$, et $c'' = 11,51 = \frac{1}{2}c$. Ce qui explique parfaitement comment les deux espèces peuvent s'accoler indifféremment par leurs faces $p(001)$ ou $h^1(100)$ et s'envelopper complètement l'une l'autre, et ce qui tend en même temps à confirmer la formule adoptée. Ici aussi, elle représenterait, telle quelle, la grandeur relative du motif, celles des deux autres espèces étant exprimées par les formules ci-dessus. Il n'y a là, évidemment, qu'une pré-

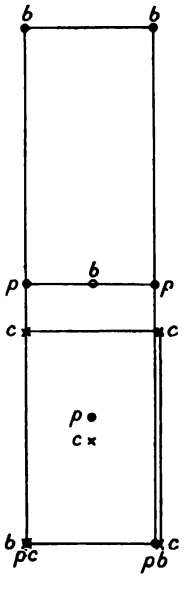
(1) Il reste loisible, bien entendu, d'imaginer que l'un des paramètres a ou a' est multiple de l'autre, par exemple double. Mais alors le volume et, par suite, la formule correspondante devraient être multipliés par 8. Ce qui est inutile à défaut de bonnes raisons.

somption en faveur de la formule, mais elle me semble assez remarquable.

Quant à l'accolement de la pseudo-boléite et de la cumengéite, il s'explique comme celui de la boléite et de la cumengéite. Le fait que cet accolement a lieu avec pénétration irrégulière et qu'il est plus fréquent que celui de la boléite et de la cumengéite tient évidemment à ce que les deux espèces non argentifères se sont déposées ensemble de la même solution, tandis que la boléite argentifère paraît s'être déposée seule, servant de substratum et parfois d'enveloppe au mélange des deux autres espèces.

La figure 18 représente les mailles des trois espèces figu-

Fig. 18.



rées à la même échelle avec leurs dimensions relatives présumées et dans leur position parallèle d'accolement.

Enfin le Tableau suivant réunit les principales données relatives aux trois espèces :

	Formules chimiques.	Réseaux.	Paramètres $c:a$.	pa^1.	Densités.	$n_g - n_p$.
ımengéite...	$4PbCl^2, 4CuO, 5H^2O$	Quadratique, mode octaédral	1,625	58°.24′	4,67	0,100
ıeudo-boléite.	$5PbCl^2, 4CuO, 6H^2O$	id.	2,023	63.42	4,85	0,032
ıléite.....	$9PbCl^2, 8CuO, 3AgCl, 9H^2O$	id.	3,996	75.57	5,054	0,020

Sur l'allanite de Jersey ;

Par M. P. Gaubert.

L'allanite est assez fréquente dans certaines roches éruptives (granites, syénites, diorites, filons de pegmatite) et dans les gneiss, mais, en général, si l'on fait exception des gisements de Suède et de ceux de quelques autres régions, les cristaux sont microscopiques ; aussi, il m'a paru intéressant de signaler l'existence d'assez gros cristaux de ce minéral dans le granite de Jersey.

M. l'abbé Teilhard de Chardin m'a montré des échantillons de granite contenant un minéral noir dont quelques cristaux atteignent 2^{cm} de long sur 1^{cm} de diamètre. D'après les essais qu'il avait faits, M. l'abbé Teilhard de Chardin pensait que le minéral était de l'allanite, et c'est pour faire vérifier sa détermination qu'il a apporté ses échantillons au Muséum. L'examen qui a été fait de nouveau a confirmé son diagnostic.

Les cristaux sont complètement engagés dans les éléments du granite et, en général, ils se trouvent au milieu de cristaux de quartz et de feldspath présentant une disposition radiée autour d'eux. Malheureusement, les échantillons

d'allanite examinés ne présentent pas de cristaux avec des faces permettant de faire des mesures goniométriques.

L'examen microscopique a montré que les cristaux sont monoréfringents à la périphérie.

Sur la pyromorphite d'Issy-l'Évêque (Saône-et-Loire);

Par M. Paul Gaubert.

M. Marlot [1] a découvert entre Grury et Issy-l'Évêque un gisement de pyromorphite qui se rencontre en filonnets encastrés dans des roches quartzeuses et feldspathiques. Ce minéral provient de l'altération de la galène, située en profondeur, et présente un fait tout à fait remarquable : il est radioactif [2], grâce à la présence du radium qui, d'après M. Danne, qui a constaté le phénomène, a été apporté à une époque toute récente par des eaux radioactives.

M. Marlot a envoyé dernièrement au Laboratoire de Minéralogie du Muséum d'Histoire naturelle des échantillons qu'il a recueillis dans les filons. Ils sont recouverts de jolis petits cristaux de pyromorphite dont la couleur va du jaune au vert. Tantôt la coloration est homogène, tantôt le cristal est inégalement coloré et, en général, la partie terminale libre est moins verte que celle qui est le plus rapprochée de la gangue.

---

(1) H. Marlot, *Bulletin de la Société des Sciences hist. et nat. de l'Yonne*, 2e semestre 1904.

(2) J. Danne, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 23 janvier 1905; et *Le Radium*, t. II, 1905, p. 33.

Les cristaux les plus volumineux ne dépassent pas 2^{mm} de longueur sur $1^{mm},5$ de diamètre et ne présentent que les faces du prisme *m* et la base *p*.

Les cristaux verts sont assez polychroïques; les jaunes le sont très peu. On a

Suivant n_g, vert;
» n_p, jaune verdâtre.

Une plaque taillée parallèlement à la base *p* a montré que les cristaux étaient uniaxes; or, d'après les recherches de MM. Ed. Jannettaz et L. Michel [1], ce fait caractérise une pyromorphite ne contenant pas d'acide arsénieux. En effet, d'après ces deux auteurs, la présence de l'arsenic dans ce minéral entraîne la division en six secteurs biaxes des sections perpendiculaires à l'axe vertical. Je n'ai pas trouvé d'acide arsénieux dans le minéral étudié, aussi, les observations de MM. Ed. Jannettaz et Michel sont ici confirmées.

Il existe des échantillons sur lesquels la pyromorphite forme des masses mamelonnées jaunes composées d'un grand nombre de cristaux radiés.

La galène, qui ne présente rien de particulier dans ce gisement, a aussi été transformée en carbonate sous l'influence des agents atmosphériques. Je ne signalerai que les petits cristaux de cérusite, fixés dans des cavités et ayant la forme d'une pyramide hexagonale assez aiguë. Les faces de cette dernière ne sont pas très planes, mais elles permettent cependant de reconnaître qu'elles appartiennent aux deux formes $b^{\frac{1}{4}}$ et $e^{\frac{1}{4}}$. Le facies de ces cristaux est rare dans la cérusite, aussi il était intéressant de le signaler.

---

(1) Ed. Jannettaz et L. Michel, *Bulletin de la Société française de Minéralogie*, t. IV, 1881, p. 196.

M. Marlot a aussi envoyé au Laboratoire des échantillons de pyromorphite provenant de Saint-Didier-sur-Arroux, canton de Saint-Léger-sous-Beuvray; ils sont identiques quant à leur forme et à leur couleur à ceux d'Issy-l'Évêque.

Minéraux nouveaux;

Par M. Paul Gaubert.

Moissanite. — Nom donné par M. G.-F. Kunz au carbure de silicium rhomboédrique, observé par M. Moissan dans le fer météorique de Cañon Diablo, Arizona. Ce carbure a la composition du produit artificiel connu dans l'industrie sous le nom de *carborundum*. (G.-F. Kunz, *Am. Journ. of Sc.*, 4e série, t. XIX, 1905, p. 396.)

Purpurite. — Les petits grains, de couleur pourpre, à cassure inégale et brillante, constituant la purpurite, paraissent orthorhombiques; ils possèdent un clivage assez facile, probablement parallèle à une des faces de la pyramide et deux autres beaucoup moins nets semblent être à angle droit et prismatiques. Leur dureté est de 4 à 4,5 et leur densité de 3,15.

La substance est transparente en lame mince et très polychroïque. L'extinction se fait à 0° des clivages supposés prismatiques, mais parfois l'angle d'extinction n'est pas nul, ce qui fait supposer que ce minéral peut être monoclinique. Ses indices de réfraction sont compris entre 1,60 et 1,65 et la biréfringence est inférieure à 0,060.

La composition est la suivante :

Fe^2O^3 15,89; Mn^2O^3 29,25; P^2O^5 47,30;
H^2O 5,26; CaO 1,48; Na^2O 0,84; Li^2O traces;
partie insoluble 0,52 : Total 100,54,

correspondant à la formule $(Mn, Fe)^2O^3, P^2O^5 + H^2O$.

La purpurite forme de petits amas irréguliers, lenticulaires, ou des filonnets dans les dykes de pegmatite à cassitérite situés au voisinage des schistes de la mine Faires, Kings Mountain, Gaston County, Caroline du Nord. (L.-C. Grafton et M. T. Schaller, *Am. Journ. of Sc.*, 4e série, t. XX, 1905, p. 146.)

Tychite. — Ce minéral, se présentant en octaèdres réguliers, ressemble complètement à la northupite avec laquelle il est intimement associé à Borax Lake (Californie), de telle sorte que les essais chimiques seuls permettent de distinguer les deux minéraux. Leur composition chimique est en effet représentée par les formules suivantes :

Tychite..... $2MgCO^3$, $2NaCO^3$, Na^2SO^4;
Northupite..... $2MgCO^3$, $2NaCO^3$, $2NaCl$.

La tychite a été reproduite artificiellement par la méthode employée par M. de Schulten pour faire la synthèse de la northupite. La densité de la tychite artificielle est de 2,588 et celle des échantillons naturels, 2,456. L'indice de réfraction, pour le jaune, des cristaux artificiels est de 1,510 et celle des cristaux naturels 1,508. Ce minéral est beaucoup plus rare que la northupite, d'où le nom de *tychite* (de τυχή, *chance*) rappelant le fait que, sur 1000 spécimens, l'essai décelant un sulfate a été fait sur le premier échantillon examiné et,

depuis, deux autres seulement ont été rencontrés. (S.-L. PENFIELD et G.-S. JAMIESON, *Am. Journ. of Sc*, 4e série, t. XX. 1905, p. 217.)

Le Secrétaire gérant :
MAURICE BLONDEL.

37868 Paris. — Imp. GAUTHIER-VILLARS, 55, quai des Grands-Augustins.

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE MINÉRALOGIE.

ANNÉE 1906. — BULLETIN N° 3.

Compte rendu de la séance du 8 Mars 1906.

PRÉSIDENCE DE M. H. MOISSAN.

M. LE PRÉSIDENT annonce une présentation.

M. H. COPAUX présente une description cristallographique de divers cobaltioxalates alcalins, combinaisons dont il a donné antérieurement la préparation, la composition et les principales propriétés chimiques.

Il expose ensuite des cas particuliers d'isomorphisme observés par lui dans la série des silicomolybdates. Il montre d'abord que deux sels d'hydratations différentes, mais de même forme cristalline, comme le silicomolybdate et le silicotungstate de baryum $SiO^2.12MoO^3.2BaO + 22H^2O$ et $SiO^2.12TuO^3.2BaO + 24H^2O$, cristallisent ensemble en proportions variables, tout en conservant dans leurs mélanges des hydratations inégales.

Il montre enfin que deux composés de fonctions chimiques différentes, mais de même forme cristalline, comme l'acide silicomolybdique et le silicomolybdate de baryum

$SiO^2.12MoO^3.2H^2O + 24H^2O$ et $SiO^2.12MoO^3.2BaO + 22H^2O$, peuvent également cristalliser ensemble et même conserver leurs hydratations propres.

D'où il suit que, si les corps de mêmes fonctions chimiques sont en général isomorphes, l'isomorphisme seul n'est pas une preuve suffisante de l'identité des fonctions chimiques.

M. Wyrouboff entretient la Société de ses recherches sur les propriétés optiques des sulfate, séléniate et chromate de potasse et de soude étudiés dans ces derniers temps par MM. Gossner et Steinmetz. Il montre que ces sels subissent par la chaleur une double transformation : un croisement ternaire de réseaux orthorhombiques limites produisant une pseudo-uniaxie avec diminution de la biréfringence et une transformation polymorphique en corps réellement ternaire et réellement uniaxe avec une légère augmentation de la biréfringence. La première transformation est réversible, la seconde ne l'est pas, du moins à la température ordinaire; elle le devient si l'on plonge les lames dans l'air liquide.

Nouvelles observations de M. Lehmann;

Par M. Fred Wallerant.

M. O. Lehmann a eu l'obligeance de m'envoyer une série de fort belles photographies, pour les communiquer aux personnes qui s'intéressent aux questions de cristallogénie. Obtenues au moyen d'un nouvel appareil de la maison Zeiss, avec un grossissement de 270 fois en un centième de seconde, ces photographies représentent des cristaux mous du paraazoxyzimtsäureäthyläther et des formations toutes spéciales étu-

diées avec grand soin par le savant professeur de Karlsruhe. Il est impossible d'entrer dans le détail des faits observés par M. Lehmann, d'autant plus qu'il en a donné une description complète dans les *Annalen der Physik.*, 4e série, t. XIX, mais je veux dire deux mots des observations les plus remarquables soit par elles-mêmes, soit par les conclusions auxquelles elles se prêtent.

Si l'on chauffe une aiguille solide de l'éther, à 140° elle se transforme en un cristal mou uniaxe, quadratique, dont les faces sont si courbes que le cristal a l'aspect général d'une goutte liquide. Or, si l'on comprime le cristal entre les lamelles de verre, on constate que la lamelle à faces parallèles ainsi obtenue reste constamment éteinte entre les nicols à 90°. Cette extinction résulte de ce que la lamelle est uniaxe, l'axe étant perpendiculaire sur le plan de la préparation. Les lamelles de verre exercent donc une action d'orientation sur les éléments constituant le cristal mou, puisque le fait se produit quelle que soit l'orientation primitive du cristal et qu'en outre elle se conserve quand, appuyant sur la lamelle supérieure, on amincit la lame cristalline.

Cette action d'orientation exercée par les lamelles de verre sur les éléments d'un cristal se constate assez fréquemment, mais avec une intensité plus ou moins grande. Je l'ai observée d'une façon particulièrement nette dans l'iodhydrate d'éthylamine, qui en se solidifiant, quand on l'a fondu par la chaleur, donne naissance à des cristaux quasi-quadratiques; ceux-ci, dans une préparation de 22mm de côté, sont tous orientés de façon que leurs axes optiques soient sensiblement perpendiculaires au plan de la préparation, de sorte que celle-ci est complètement éteinte quoique les cristaux soient très biréfringents. Mais le fait intéressant dans l'observation de M. Lehmann consiste en ce que, le cristal étant mou, on peut le comprimer en lui conservant son orientation. Comme on va

le comprendre cette observation a la plus grande portée.

La considération des propriétés physiques des corps cristallisés *solides* amène à croire que ces corps sont soumis à la répartition réticulaire, c'est-à-dire que tous les points homologues d'un point donné sont répartis sur les nœuds d'un système réticulaire. Partant de là, MM. Soncke et Schœnfliess ont cherché quelle structure un corps, possédant la répartition réticulaire, devait présenter pour posséder les différents types de symétrie que l'observation nous révèle chez les corps cristallisés. M. Schœnfliess a établi qu'il pouvait se rencontrer 260 structures différentes et a donné un exposé complet de la conception la plus générale que l'on puisse se faire de la structure d'un corps soumis à la répartition réticulaire. Les résultats théoriques de M. Schœnfliess sont du plus haut intérêt mais; pour, le cristallographe, il importe surtout de savoir si l'une quelconque des 260 structures est susceptible de se rencontrer dans les corps cristallisés, ou si ceux-ci n'adoptent que certains types de ces structures. Pour résoudre cette question les considérations d'ordre théorique sont tout à fait impuissantes, et les faits seuls sont à même de nous guider. Or, tous les faits susceptibles de nous éclairer concordent à nous faire admettre que les corps cristallisés sont constitués de groupes de molécules tous identiques entre eux, parallèlement orientés, possédant la symétrie du corps cristallisé, et qui, quand celui-ci est solide et parfait, sont répartis suivant les mailles d'un système réticulaire. Ces particules sont les derniers éléments au delà desquels on ne peut aller dans la division du corps cristallisé sans que celui-ci perde ses propriétés. Les faits à l'appui de cette façon de voir sont nombreux et de nature variée, mais celui que vient d'observer M. Lehmann est particulièrement instructif : si, en effet, le cristal mou s'oriente instantanément de façon que son axe soit normal aux lamelles de verre et s'il conserve

son orientation pendant que, sous l'influence de la pression, il s'étale, il faut forcément admettre que l'élément mobile est lui-même uniaxe. Cet élément uniaxe est doué d'une grande mobilité autour de son centre de gravité, et l'action de la lamelle de verre suffit pour faire prendre instantanément aux éléments voisins l'orientation normale. Cette action d'orientation doit se propager de proche en proche, d'élément à élément, comme l'a constaté M. Lehmann, qui a montré que, quand deux cristaux mous se trouvaient à peu de distance, le plus petit s'orientait parallèlement au plus grand avec une vitesse telle que l'œil ne pouvait pas le suivre dans son mouvement. Or on admet généralement que, quand un corps liquide se déforme, ce sont les molécules qui glissent les unes sur les autres; dans cette hypothèse, il faudrait admettre que les molécules de la substance étudiée sont uniaxes, autrement dit il faudrait revenir à la théorie de Bravais, sous sa forme primitive, ce qui paraît bien difficile dans l'état de nos connaissances sur l'isomorphisme et le polymorphisme. Il faut donc admettre que l'élément mobile est constitué par un groupement de molécules, relativement stable puisque le cristal conserve ses propriétés malgré les déformations successives : ce qui suppose que l'élément n'est pas fragmenté. On est donc ainsi ramené à la notion de particule. En outre il résulte de l'expérience de M. Lehmann que dans un corps cristallisé les particules ne sont pas forcément réparties suivant les mailles d'un système réticulaire, puisque les propriétés ne sont pas modifiées pendant la déformation.

Mais, à côté de ces faits, qui permettent de préciser nos idées sur l'état cristallisé, il en est d'autres, observés par M. Lehmann, qui sont tout à fait mystérieux et que l'on ne peut rapprocher d'aucun autre fait connu.

En dissolvant le même éther dans le xylol, le pétrole, etc., on obtient par refroidissement des sphérolithes, constitués de

cristaux mous disposés radialement, comme dans les sphérolithes composés de cristaux solides. Dans le cas présent il y a cependant une particularité à signaler : dans une position convenable, on voit une raie (*Strich*) partant du centre pour aboutir en un point de la surface, situé au milieu d'une face plane résultant de la dépression de la surface du sphérolithe: vu de face, le point d'arrivée de la raie se présente comme une petite tache noire, que nous nommerons l'*ombilic*.

Or, en refroidissant convenablement la préparation, on voit brusquement se former un filament excessivement long et excessivement fin qui, partant de l'ombilic, fait mille tours sur lui-même pour occuper tout le champ. Il disparaît d'ailleurs aussi rapidement qu'il est apparu, et en une seule fois, c'est-à-dire sans amincissement progressif. Mais en ajoutant à la préparation de l'azoxyphénétol on ralentit la formation et la disparition du filament. On voit celui-ci apparaître à l'ombilic d'un sphérolithe, s'allonger avec son diamètre définitif, et se courber sur lui-même. Mais la particularité intéressante consiste en ce que l'allongement ne se fait pas par l'extrémité : la matière est absorbée par toute la surface et, au lieu de servir à l'augmentation du diamètre, elle est employée à l'allongement.

On se rend facilement compte de l'exactitude du fait énoncé de la façon suivante. Il arrive en effet que deux sphérolithes s'accolent par leurs ombilics puis s'écartent par suite de la formation d'un filament unissant les deux ombilics : l'allongement du filament a pour résultat d'écarter les deux sphérolithes. Ces filaments agissent sur la lumière polarisée et ils s'éteignent dans le sens de la longueur.

Il peut d'ailleurs arriver que les deux sphérolithes dont il vient d'être question, au lieu de s'écarter aux deux extrémités d'un filament, se fondent en une seule masse allongée, qui se transforme en un filament s'allongeant peu à peu.

Mais, chose tout à fait remarquable, quand ce filament n'a encore qu'une faible longueur, il se déplace de lui-même au milieu des autres formations, dans le sens de sa longueur, tantôt dans un sens tantôt dans l'autre, à la manière des diatomées et de beaucoup de bactéries.

Tels sont les faits qui m'ont paru les plus intéressants : ils suffiront à montrer l'importance des nouvelles recherches de M. Lehmann. Comme toujours ces recherches ont permis à leur auteur de constater une foule de faits curieux, dont on trouvera une description complète dans les *Annalen der Physik* (t. XIX).

Notice cristallographique sur les cobaltioxalates alcalins;

Par M. H. Copaux.

Les hydrates de sesquioxydes en général, et notamment ceux de la famille du fer, se dissolvent dans les mélanges d'acide oxalique et d'oxalates alcalins pour donner des sels cristallisables, répondant à la formule générique

$$\overset{\text{III}}{M^2}(C^2O^4)^6\overset{\text{I}}{M^6} + aq,$$

et qui offrent ceci de particulier que leur acide oxalique n'est pas précipité par le chlorure de calcium : l'acide oxalique s'est uni à l'hydrate métallique pour former un acide complexe $\overset{\text{III}}{M^2}(C^2O^4)^6H^6$, saturé par le métal alcalin $\overset{\text{I}}{M}$.

Pour rappeler cette propriété spéciale qui les distingue profondément des sels doubles ordinaires, on désigne ces corps sous le nom composé de *sesquioxydoxalates*.

Les aluminoxalates, les chromoxalates, les ferrioxalates sont les plus stables de tous les composés de cet ordre; ils ont été maintes fois étudiés, notamment par M. Wyrouboff, qui en a donné, dans ce même recueil, une description générale [1].

Les cobaltioxalates, étudiés déjà par Kehrmann [2] et Sœrensen [3], appartiennent à la même catégorie de combinaisons et ne se distinguent des sels précédents que par une stabilité moindre et une difficulté de préparation plus grande.

Dans une publication antérieure, j'ai décrit la préparation, la composition et les propriétés générales de plusieurs cobaltioxalates alcalins [4]. Il me reste à faire connaître leurs constantes cristallographiques; je les donnerai ici, après avoir rappelé brièvement la préparation et les propriétés principales de ces combinaisons.

Préparation.

L'hydrate de sesquioxyde de cobalt se dissolvant mal dans le mélange d'acide oxalique et d'oxalate alcalin, il faut préparer les cobaltioxalates par oxydation directe d'une solution d'oxalate double de protoxyde de cobalt et d'alcali.

L'oxalate de protoxyde de cobalt, $C^2O^4Co + 2H^2O$, est un sel rose, très peu soluble dans l'eau, mais soluble dans un excès d'oxalate alcalin bouillant. Si, dans la dissolution limpide, refroidie vers 40°, on verse de l'acide acétique et du bioxyde de plomb, le liquide, agité violemment, passe du rouge au vert par oxydation.

On le précipite ensuite par l'alcool et le produit, redissous

---

(1) Wyrouboff, *Bull. Soc. Min.*, t. XXIII, 1900, p. 141.
(2) Kehrmann, *Berichte*, t. XIX, 1886, p. 3101.
(3) Soerensen, *Zeit. anorg. Chem.*, t. XI, 1895, p. 1.
(4) H. Copaux, *Ann. de Chim. et de Phys.*, t. VI, 1905, p. 508.

dans l'eau pour le séparer de l'excès d'oxalate cobalteux non oxydé, est cristallisé à froid, sur l'acide sulfurique (3).

L'oxydation, facile dans le cas du potassium et de l'ammonium, dont les oxalates simples sont aisément solubles, donne un rendement beaucoup plus faible avec les oxalates très peu solubles de soude et de lithine, bien que les cobaltioxalates finalement obtenus soient eux-mêmes très solubles.

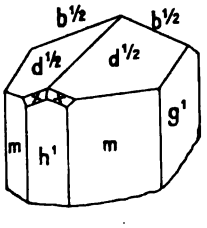
Propriétés générales.

Les cobaltioxalates alcalins sont des sels vert foncé bleuâtre, polychroïques, bien cristallisés, décomposés à sec vers 150°, avec départ d'acide carbonique. Ils se conservent indéfiniment à l'abri de la lumière, lorsqu'ils sont bien purs, et se dissolvent facilement dans l'eau. Leurs dissolutions se décomposent plus ou moins rapidement sous l'action de la chaleur; aussi tous les sels décrits dans ce Mémoire ont-ils été obtenus par évaporation à froid sur l'acide sulfurique.

Formes cristallines.

1. $Co^2(C^2O^4)^6(AzH^4)^6 + 6H^2O$.

Fig. 1.



Sel clinorhombique, cristallisant en individus assez gros, quoique difficilement mesurables, et complètement isomorphe

avec l'aluminoxalate, le chromoxalate et le ferrioxalate d'ammonium.

Formes observées : $h^1(100)$, $g^1(010)$, $m(110)$, $d^{\frac{1}{2}}(111)$, $b^{\frac{1}{2}}(\bar{1}11)$, $x(\bar{3}11)$.

1,0017 : 1 : 0,3929; $\gamma = 92°44'$.

Angles.	Calculés.	Mesurés.
$mm(1\bar{1}0110)$	89°.56′	89°.54′
$d^{\frac{1}{2}}d^{\frac{1}{2}}(1\bar{1}1111)$	140.21	140.20
$d^{\frac{1}{2}}m(111110)$	120.34	»
$d^{\frac{1}{2}}b^{\frac{1}{2}}(111\bar{1}11)$	»	*139.52
$d^{\frac{1}{2}}h^1(111100)$	111.26	»
$b^{\frac{1}{2}}b^{\frac{1}{2}}(\bar{1}\bar{1}1\bar{1}111)$	»	*139.28
$b^{\frac{1}{2}}m(\bar{1}11\bar{1}10)$	117.26	117.44
$b^{\frac{1}{2}}h^1(\bar{1}11\bar{1}00)$	»	*108,42
$b^{\frac{1}{2}}d^{\frac{1}{2}}(\bar{1}\bar{1}1111)$	122	122. 6
$xx(\bar{3}\bar{1}1\bar{3}11)$	150.54	»
$xh(\bar{3}11\bar{1}00)$	136.28	»
$xb^{\frac{1}{2}}(\bar{3}11\bar{1}11)$	152.14	152

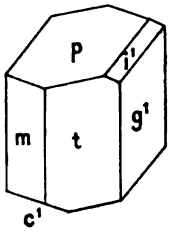
Trichroïque
- *c* bleu
- *b* vert plus clair
- *a* vert plus foncé

2. $Co^2(C^2O^4)^6K^6 + 7H^2O$.

Le cobaltioxalate de potassium se distingue nettement, par l'hydratation et la forme cristalline, des sesquioxydoxalates correspondants, qui renferment $6H^2O$ et appartiennent au système clinorhombique.

Triclinique. Formes observées : $p(001)$, $m(1\bar{1}0)$, $t(110)$, $g^1(010)$, $i^1(011)$, $c^1(\bar{1}12)$.

Fig. 2.



0,5963 : 1 : 0,6590.

$h^1g^1(100010)$ =	88°.40′;	α =	88°.22′;
$pg^1(001010)$ =	91.21;	β =	91.42;
$ph^1(001100)$ =	101.20;	γ =	101.23.

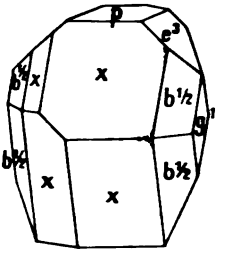
Angles.	Calculés.	Mesurés.
	° ′	° ′
$mt(1\bar{1}0110)$	»	*119.24
$pm(001\bar{1}10)$	»	*99
$pt(001110)$	»	*100.34
$pg^1(001010)$	91.21	91.28
$pi^1(001011)$	»	*147.32
$ti^1(110011)$	»	*114.32
$c^1p(\bar{1}12001)$	144.37	»
$c^1m(\bar{1}12\bar{1}10)$	116.23	116.30
$c^1i^1(\bar{1}12011)$	148.30	148.30
$c^1t(\bar{1}12\bar{1}\bar{1}0)$	97. 8	97. 8

3. $Co^2(C^2O^4)^6Rb^6 + 8H^2O$.

Le cobaltioxalate de rubidium est orthorhombique et seul de cette espèce dans toute la série des sesquioxydoxalates. C'est le plus stable des cobaltioxalates et il s'obtient facilement en cristaux de plusieurs centimètres de côté.

Formes observées : $p(001)$, $g^1(010)$, $e^3(013)$, $b^{\frac{1}{2}}(111)$, $x(313)$.

Fig. 3.



1,1485 : 1 : 2,5960.

Angles.	Calculés.	Mesurés.
	° ′	° ′
$b^{\frac{1}{2}}b^{\frac{1}{2}}(1\bar{1}1111)$.....	»	*133.36
$xx(3\bar{1}3313)$.....	141.25	141.20
$pb^{\frac{1}{2}}(001111)$.....	106.12	106.12
$xp(313001)$.....	112.27	112.36
$b^{\frac{1}{2}}b^{\frac{1}{2}}(\bar{1}11111)$.....	»	*101.48
$xe^3(313013)$.....	120.19	120.16
$e^3p(013001)$.....	139. 8	139. 4

4. $Co^2(C^2O^4)^6Na^6 + 10H^2O$.

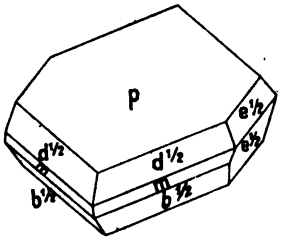
Le cobaltioxalate de sodium est clinorhombique et tout à fait isomorphe avec l'aluminoxalate, le chromoxalate et le ferrioxalate de sodium. A ceux-ci, M. Wyrouboff attribue $9H^2O$ (¹) et M. Rosenheim, $9,5H^2O$ (²). Des analyses répétées me permettent d'affirmer que tous ces sels, sans exception, renferment $10H^2O$, mais cette eau ne s'élimine totalement qu'à haute température et doit être dosée par absorption dans

(¹) Wyrouboff, *Bull. Soc. Min.*, t. XXIII, 1900, p. 141.
(²) Rosenheim, *Zeit. anorg. Chem.*, t. XI, 1895, p. 175.

un tube taré et non par perte de poids. C'est ainsi que j'ai obtenu les nombres suivants :

	Eau calculée pour		
	$9H^2O$.	$10H^2O$.	Trouvé.
$Al^2(C^2O^4)^6Na^6 + aq$...	18,37	20	19,90-20,19-20,15
$Cr^2(C^2O^4)^6Na^6 + aq$...	17,37	18,94	18,77-18,79
$Co^2(C^2O^4)^6Na^6 + aq$...	17,12	18,67	18,61-18,68-18,57

Fig. 4.



Formes observées : $p(001)$, $m(110)$, $b^{\frac{1}{2}}(111)$, $d^{\frac{1}{2}}(111)$, $e^{\frac{1}{2}}(021)$.

$$1,3980 : 1 : 1,2930; \quad \gamma = 100°21'.$$

Angles.	Calculés.	Mesurés.
	° ′	° ′
$mm(1\bar{1}0110)$.....	»	*72.50
$pm(001010)$.....	»	*96.10
$d^{\frac{1}{2}}d^{\frac{1}{2}}(1\bar{1}1111)$.....	100.20	100.30
$d^{\frac{1}{2}}p(111001)$.....	»	*127.40
$b^{\frac{1}{2}}p(\bar{1}11001)$.....	117.51	118
$b^{\frac{1}{2}}b^{\frac{1}{2}}(\bar{1}\bar{1}1\bar{1}11)$.....	88.36	»
$pe^{\frac{1}{2}}(001021)$.....	111.28	111.20

Clivage facile suivant $p(001)$.

Plan des axes optiques parallèle au plan de symétrie.

La bissectrice aiguë négative fait un angle de 15° avec l'axe c, dans l'angle γ obtus. $2E = 59°46'$.

Biréfringence assez forte. Dispersion inappréciable.

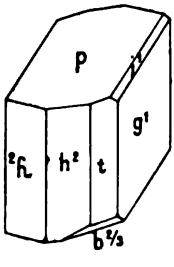
Trichoïque : bleu, suivant le grand axe, vert foncé, suivant le plus petit, vert clair, suivant l'axe moyen.

5. $Co^2(C^2O^4)^6Li^6 + 12H^2O$.

Ce sel très soluble s'obtient difficilement en cristaux mesurables. Il est triclinique et complètement isomorphe avec l'aluminoxalate et le chromoxalate de lithium, auxquels M. Wyrouboff attribue $11H^2O$. Le cobaltioxalate, peu stable et difficile à préparer, se prête mal au dosage précis de l'eau, mais cette opération, faite sur l'aluminoxalate et le chromoxalate, par calcination avec de l'oxyde de cuivre et absorption dans un tube taré, me fait conclure à la formule à $12H^2O$.

	Eau calculée pour		
	$11H^2O$.	$12H^2O$.	Trouvé.
$Al^2(C^2O^4)^6Li^6 + aq.$ ...	24,07	25,70	25,33
$Cr^2(C^2O^4)^6Li^6 + aq.$ ...	22,69	24,25	23,95

Fig. 5.



Formes observées : $p(001)$, $g^1(010)$, $t(110)$, $^2h(3\bar{1}0)$, $h^2(310)$, $i^1(011)$, $b^{\frac{2}{3}}(3\bar{3}4)$.

1,0177 : 1 : 0,7885.

$h^1g^1 = 91°.32'$; $\alpha = 94°.22$;
$^*pg^1 = 81.58$; $\beta = 81$;
$ph^1 = 108.38$; $\gamma = 109.\ 4$.

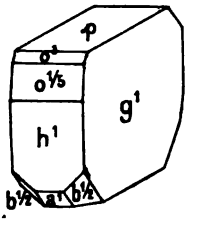
Angles.	Calculés.	Mesures.
	° ′	° ′
$^2hh^2(3\bar{1}0310)$	»	*144. 2
$h^2g^1(310010)$	»	*109.22
$h^2t(310110)$	154.22	*154.10
$tg^1(110010)$	135	»
$h^2p(3\bar{1}0001)$	»	*105
$^2hp(3\bar{1}0001)$	110.29	110.28
$i^1p(011001)$	»	*140.26
$tp(110001)$	97.28	97.24
$b^{\frac{2}{3}}p(\bar{3}\bar{3}4001)$	137.48	138. 8
$b^{\frac{2}{3}}g^1(\bar{3}\bar{3}40\bar{1}0)$	126.30	126.30

6. $Co^3(C^2O^4)^{24}K^5Na^{19} + 32H^2O$.

Ce sel, complètement isomorphe avec l'aluminoxalate et le chromoxalate correspondants, cristallise en leucitoèdres pseudo-cubiques, d'un aspect très caractéristique.

7. $Co^2(C^2O^4)^6Rb^3Na^3 + 5H^2O$.

Fig. 6.



Clinorhombique et isomorphe avec l'aluminoxalate corres-

pondant. Formes observées : $p(001)$, $h^1(100)$, $g^1(010)$, $o^1(101)$, $a^1(\bar{1}01)$, $o^{\frac{1}{5}}(501)$, $d^{\frac{1}{2}}(111)$, $b^{\frac{1}{2}}(\bar{1}11)$.

Clivage suivant g^1 ; mâcle par hémitropie autour d'une normale à $a^1(\bar{1}01)$.

1,2211 : 1 : 0,8758 ; $\gamma = 91°.38'$.

Angles.	Calculés.	Mesurés.
	° ′	° ′
$ph^1(001\,100)$	»	*91.38
$po^1(001\,101)$	144.54	145. 2
$pa^1(001\,\bar{1}01)$	»	*143.48
$po^{\frac{1}{5}}(001\,501)$	107. 6	106.56
$b^{\frac{1}{2}}b^{\frac{1}{2}}(\bar{1}\bar{1}1\,\bar{1}11)$	»	*108.24
$b^{\frac{1}{2}}p(\bar{1}11\,001)$	130.57	130.57
$d^{\frac{1}{2}}d^{\frac{1}{2}}(1\bar{1}1\,111)$	109.51	»
$d^{\frac{1}{2}}p(111\,001)$	132. 2	»
Dans la mâcle.		
$d^{\frac{1}{2}}d^{\frac{1}{2}}$	149.12	149.20

8. $Co^2(C^2O^4)^6(AzH^4)^3Na^3 + 7H^2O$.

Quel que soit l'excès relatif en sel simple d'ammonium ou de sodium contenu dans les eaux mères, on n'obtient jamais le sel double autrement que sous la forme de prismes très peu modifiés et si abondamment striés que les mesures sont à peu près impossibles.

L'examen optique montre cependant qu'ils appartiennent au système clinorhombique, comme l'aluminoxalate, le chromoxalate et le ferrioxalate de même hydratation.

Sur deux cas particuliers d'isomorphisme;

Par M. H. Copaux.

I.

L'isomorphisme de deux corps, dans son ancienne acception, comporte, d'une part, l'identité de formes cristallines et, de l'autre, la faculté de cristalliser ensemble en toutes proportions.

Or, deux formes cristallines n'étant jamais exactement semblables et la solubilité des corps intervenant dans le phénomène de leur cristallisation simultanée, il est clair que l'isomorphisme rigoureux est une notion limite, qui ne peut être satisfaite en pratique qu'à des degrés d'approximation plus ou moins éloignés.

Néanmoins, lorsque deux corps remplissent approximativement la double condition énoncée plus haut, on admet, pour l'avoir constaté bien des fois, qu'ils ont mêmes fonctions chimiques; c'est en cela et comme principe de comparaison que l'isomorphisme a joué en Chimie un rôle si important.

Je vais montrer, au contraire, par des exemples tirés de l'étude des silicomolybdates et des silicotungstates, que deux corps de fonctions chimiques différentes peuvent avoir des formes cristallines semblables et cristalliser ensemble en proportions variables.

D'autre part, lorsque deux corps cristallisent ensemble, ils prennent ordinairement dans leur mélange une hydratation commune, alors même qu'ils sont capables de former séparément plusieurs degrés d'hydratation. Je vais montrer également la possibilité du cas inverse, où deux corps cristallisant ensemble conservent dans leur mélange une hydratation distincte et propre à chacun d'eux.

II.

Dans son Mémoire classique sur les silicotungstates [1]. Marignac avait fait observer que l'acide silicotungstique. $SiO^2.12TuO^3.2H^2O + 24H^2O$, et le silicotungstate de baryum. $SiO^2.12TuO^3.2BaO + 24H^2O$, avaient même hydratation et même forme cristalline; tous deux sont, en effet, rhomboédriques, presque isogones et uniaxes négatifs.

Les deux corps renfermant une quantité prépondérante d'un constituant commun, l'acide tungstique (84,04 pour 100 dans l'acide; 77,68 pour 100 dans le sel), Marignac établit un rapprochement entre ce fait et la similitude de forme des deux combinaisons, mais ne cite aucune expérience à l'appui de leur cristallisation simultanée, qui est d'ailleurs extrêmement vraisemblable.

Beaucoup plus tard, en reprenant l'étude des silicotungstates [2], M. Wyrouboff signale un cas analogue à propos du silicotungstate de lithium et décrit un mélange cristallin renfermant pour 100 : 76,72 de $SiO^2.12TuO^3.2Li^2O + 24H^2O$ et 23,28 de $SiO^2.12TuO^3.2H^2O + 24H^2O$.

A vrai dire, cette composition correspond assez bien à celle d'une combinaison acide : $3[SiO^2.12TuO^3]4Li^2O.2H^2O + 70H^2O$. et, si peu probable que soit une telle combinaison, il faudrait, pour écarter les doutes, connaître une série de mélanges analogues.

Aussi, ayant achevé la description d'une vingtaine de silicomolybdates [3], j'ai entrepris de faire cristalliser ensemble l'acide silicomolybdique $SiO^2.12MoO^3.2H^2O + 31H^2O$ et son sel de lithium, $SiO^2.12MoO^3.2Li^2O + 29H^2O$.

---

(1) Marignac, *Ann. Chim. Phys.*, 4e série, t. III, 1864, p. 5.
(2) Wyrouboff, *Bull. Soc. Min.*, t. XIX, 1896.
(3) Copaux, *Ann. Chim. Phys.*, 8e série, t. VII, 1906, p. 118.

Bien que les deux composés se présentent, comme on le voit, avec des hydratations différentes, ils cristallisent ensemble, à froid ou à 30°, en proportions variables. Toutefois, on rencontre là une difficulté d'analyse qui ne permet pas de préciser assez nettement les faits. La teneur en lithine étant très faible (2,53 pour 100 au maximum pour le sel de lithium pur), les erreurs analytiques s'amplifient outre mesure dans le calcul du pourcentage de l'acide et du sel. De plus, l'acide paraît abandonner dans le mélange son hydratation ordinaire à 31, pour prendre la même hydratation que le sel de lithium, soit $29H^2O$, ce qui augmente encore l'incertitude.

Le cas du sel de baryum est beaucoup plus probant.

Le silicomolybdate de baryum, $SiO^2.12MoO^3.2BaO + 22H^2O$, cristallise en rhomboèdres basés, uniaxes négatifs, où l'angle pa^1 du rhomboèdre avec la base est de 108° 36′. L'acide silicomolybdique, $SiO^2.12MoO^3.2H^2O + 31H^2O$, cristallise en octaèdres quadratiques basés, uniaxes positifs, où l'angle $pb^{\frac{1}{2}}$ de l'octaèdre avec la base est de 125° 5′. Evaporés ensemble à froid, les deux corps se déposent en mélanges cristallins répondant à la formule générale

$$x.SiO^2.12MoO^3.2H^2O + 24H^2O,$$
$$100 - x.SiO^2.12MoO^3.2BaO + 22H^2O,$$

x variant depuis 8 jusqu'à 50 pour 100.

Les analyses sont assez précises pour montrer avec certitude que l'acide silicomolybdique a échangé son hydratation ordinaire à 31 aq. contre l'hydratation à 24 aq. Or, cet hydrate silicomolybdique à 24 aq., capable d'exister à froid en présence du silicomolybdate de baryum, se forme très difficilement à l'état isolé, même à haute température. Il n'a été signalé qu'une fois par M. Parmentier, qui l'a décrit insuffisamment.

Si l'on en juge par comparaison avec l'acide silicotungstique à $24H^2O$, il ne peut être que rhomboédrique, comme le silicomolybdate de baryum, avec lequel il cristallise. C'est donc l'analogie du réseau qui règle la cristallisation simultanée, en dépit de la différence des fonctions et des hydratations.

— Nous trouvons d'ailleurs, parmi des hydrates facilement isolables, un cas d'isomorphisme et de cristallisation simultanée entre corps de fonctions identiques, cette fois, mais d'hydratations différentes.

Le silicomolybdate et le silicotungstate de baryum, précédemment cités, renferment, sans conteste, l'un $22H^2O$, l'autre $24H^2O$. Le premier est soluble dans 4 fois son poids et le second, dans 0,7 de son poids d'eau froide, mais ils cristallisent en rhomboèdres basés, uniaxes négatifs, extrêmement analogues. L'angle pa^1, de 108°36′ pour le silicomolybdate, est de 107°54′ pour le silicotungstate.

Si l'on mélange le premier avec un excès du second, les premiers cristaux déposés sont naturellement les plus riches en silicotungstate et répondent à la formule

$$\left.\begin{array}{r} x.SiO^2.12TuO^3.2BaO + 24H^2O \\ 100 - x.SiO^2.12MoO^3.2BaO + 24H^2O \end{array}\right\} x = 90 \text{ à } 40 \text{ pour } 100.$$

Jusqu'à la teneur d'environ 40 pour 100, le silicotungstate impose donc son hydratation au silicomolybdate. Mais, au-dessous de cette teneur, le silicomolybdate reprend son hydratation ordinaire et les mélanges ont pour composition

$$\left.\begin{array}{r} x'.SiO^2.12TuO^3.2BaO + 24H^2O, \\ 100 - x'.SiO^2.12MoO^3.2BaO + 22H^2O. \end{array}\right\} x' < 40 \text{ pour } 100.$$

En somme, les observations précédentes se ramènent à ceci :

1° Deux sels de même composition, mais différemment hydratés, peuvent avoir même forme cristalline. Ils peuvent,

en pareil cas, cristalliser ensemble, sinon en toutes proportions, du moins en proportions diverses et conserver, au sein de leurs mélanges, leurs hydratations propres : c'est le cas du silicomolybdate et du silicotungstate de baryum.

2° Deux corps de même fonction chimique ont, en général, même forme cristalline et cristallisent ensemble, mais, inversement, la similitude de forme et la cristallisation simultanée ne sont pas des preuves suffisantes de l'identité des fonctions chimiques. Deux corps de fonctions chimiques différentes peuvent avoir, en effet, des formes cristallines semblables ou voisines, cristalliser ensemble en proportions diverses et conserver dans leur mélange des hydratations inégales : c'est le cas de l'acide silicomolybdique et du silicomolybdate de baryum.

3° Les faits précédents s'ajoutent à beaucoup d'autres pour montrer que l'isomorphisme est avant tout une propriété d'ordre cristallographique, où la composition chimique n'intervient qu'en second lieu et la formule qui exprime le mieux cette nouvelle façon de voir est celle qui a été donnée par M. Wyrouboff, dans un Mémoire récent : « Chaque fois » que deux composés possèdent un réseau analogue, ils » peuvent se mélanger en toutes proportions, quelle que soit » leur composition chimique [1]. »

III.

Voici enfin les données expérimentales sur lesquelles s'appuient les propositions précédentes :

Mélanges de :

Silicomolybdate de baryum ..... $SiO^2.12MoO^3.2BaO + 22H^2O$
Silicotungstate de baryum ..... $SiO^2.12TuO^3.2BaO + 24H^2O$

---

[1] Wyrouboff, *Bull. Soc. Min.*, t. XXVIII, 1905, p. 201.

Un mélange de 20g de silicotungstate et de 70g de silicomolybdate de baryum est évaporé à 15° sur l'acide sulfurique et les dépôts cristallins, pesant chacun une dizaine de grammes, sont recueillis successivement. Les premiers cristaux déposés sont de petite taille; ils augmentent progressivement de grosseur à mesure qu'ils s'enrichissent en silicomolybdate, mais, du commencement à la fin de la cristallisation, tous se présentent sous la forme de rhomboèdres basés, uniaxes négatifs.

Pour analyser les silicomolybdates en général, j'ai adopté, dans mon premier Mémoire (3), la méthode de précipitation par le nitrate mercureux. Ce réactif, ajouté à la solution aqueuse du sel à analyser, précipite du silicomolybdate mercureux insoluble; la base, restée dans les eaux, à l'état de nitrate, est dosée par évaporation ou par précipitation.

Or, dans le cas présent, le peu de molybdène qui échappe au nitrate mercureux est entraîné complètement par le sulfate de baryte, au moment de la précipitation de la base : il en résulte une surcharge d'environ 0,5 pour 100 pour une teneur moyenne de 10 pour 100 en BaO.

Le résultat, suffisamment exact pour établir la formule d'un sel simple, ne l'est pas assez pour fixer la proportion des deux constituants d'un mélange, puisque, par le fait du calcul, les moindres écarts analytiques se multiplient considérablement.

C'est pourquoi j'ai suivi la méthode moins rapide, mais plus exacte, proposée par Péchard [1] pour la séparation des acides tungstique et molybdique et appliquée depuis par Asch [2] à l'analyse des silicomolybdates. Elle consiste à traiter, par le gaz chlorhydrique sec, 1g de sel contenu dans

---

[1] Péchard, *Comptes rendus*, t. CXIV, 1892, p. 173.
[2] Asch, *Zeit. f. anorg. Ch.*, t. XXVIII, 1901, p. 273.

une nacelle de platine et chauffé à 500°. Au bout de 2 à 4 heures, l'acide molybdique est complètement volatilisé à l'état de chlorhydrine, $MoO^3.2HCl$, qui, pour la majeure partie, se condense en un feutrage cristallin, à la sortie du tube et, pour le reste, est retenue par l'eau de deux fioles d'absorption.

Le contenu de la nacelle, formé de silice et de chlorure de baryum, est repris par l'eau très faiblement chlorhydrique; la silice, étant séparée par filtration, on précipite le baryum contenu dans les eaux par l'acide sulfurique.

Quant au sublimé molybdique, après l'avoir dissous dans l'eau très chlorhydrique des flacons absorbants, on l'évapore dans une capsule de platine, on calcine à la température d'une lampe à alcool pour ne point perdre d'acide molybdique par volatilisation et l'on pèse le résidu.

Si le sel analysé contient de l'acide tungstique, il s'en volatilise un peu avec l'acide molybdique et le résidu, pesé après calcination à basse température, doit être calciné un peu plus vivement au rouge pour distiller l'acide molybdique et déduire l'acide tungstique, qui reste pour résidu ([a]).

L'eau elle-même se dose très exactement par perte de poids en calcinant, dans un creuset de platine et à la flamme d'une lampe à alcool, 1^g de sel pulvérisé et soigneusement essoré; la pratique de nombreux dosages d'eau dans les silicomolybdates purs m'a montré que l'erreur acceptable était de 0,2 pour 100 au maximum. Or, une différence de 1^{mol} d'eau

---

([a]) L'acide tungstique n'est pas seulement entraînable par le gaz chlorhydrique, quand la température s'élève au delà de 500° pendant l'opération. Ce corps, réputé très fixe, et qui l'est, en effet, au rouge modéré, se volatilise notablement sous l'effet de la chaleur seule, au rouge blanc : 500^{mg} d'acide tungstique perdent 3^{mg} en 5 minutes, au chalumeau à trompe soufflante. Aussi faut-il éviter toute surchauffe inutile, lorsqu'on sépare l'acide molybdique de l'acide tungstique par distillation.

représente un écart analytique de 0,5 pour 100 pour les silicotungstates et 0,7 pour 100 pour les silicomolybdates. Ces une latitude suffisante pour qu'il n'y ait pas d'hésitation sur les formules des mélanges.

— Pour établir ces formules, j'ai pris comme base la teneur trouvée pour l'acide molydique et j'en ai déduit l'hydratation à donner aux deux sels pour satisfaire à la teneur en eau trouvée.

		Trouvé.		Calculé.		Hydratation en calcul
	pour 100	MoO^3.	H^2O.	MoO^3.	H^2O.	
1.	10,3 $SiO^2.12MoO^3.2BaO + 24H^2O$ 89,7 $SiO^2.12TuO^3.2BaO + 24H^2O$	7,03	12,67	7,03	12,57	2
2.	14 $SiO^2.12MoO^3.2BaO + 24H^2O$ 86 $SiO^2.12TuO^3.2BaO + 24H^2O$	9,56	12,90	9,56	12,75	2
3.	62 $SiO^2.12MoO^3.2BaO + 24H^2O$ 38 $SiO^2.12TuO^3.2BaO + 24H^2O$	42,39	14,86	42,35	15,17	2
4.	83,1 $SiO^2.12MoO^3.2BaO + 22H^2O$ 16,9 $SiO^2.12TuO^3.2BaO + 24H^2O$	57,67	15,40	57,60	15,23	2
5.	95,6 $SiO^2.12MoO^3.2BaO + 22H^2O$ 4,4 $SiO^2.12TuO^3.2BaO + 24H^2O$	66,24	15,80	66,26	15,71	2

Mélanges de :

Acide silicomolybdique..... $SiO^2.12MoO^3.2H^2O + 24H^2O$
Silicomolybdate de baryum.. $SiO^2.12MoO^3.2BaO + 22H^2O$

Un mélange de 30g d'acide silicomolybdique (à 31 H^2O) et de 70g de silicomolybdate de baryum est évaporé à 15°, en présence d'acide sulfurique. Il se dépose de beaux rhomboèdres basés, uniaxes négatifs, dans lesquels le sel de baryum a bien conservé son hydratation primitive, mais où l'acide silicomolybdique a pris une hydratation exceptionnelle, à 24 H^2O.

Dans le calcul des mélanges, j'ai choisi pour base, non plus l'acide molybdique, dont la teneur varie peu d'un mélange à l'autre, mais la baryte, dont la proportion est bien plus cara-

téristique, puisque l'un des constituants n'en renferme pas; j'en ai déduit comme précédemment l'hydratation la plus compatible avec la teneur trouvée pour l'eau :

	Trouvé.		Calculé.		Hydratation moyenne en molécules d'eau.
	BaO.	H^2O.	BaO.	H^2O.	
r 100 $SiO^2.12MoO^3.2H^2O + 24H^2O$ / $SiO^2.12MoO^3.2BaO + 22H^2O$ ...	11,57	16,30	11,57	16,17	22,13
;,1 $SiO^2.12MoO^3.2H^2O + 24H^2O$ / ',9 $SiO^2.12MoO^3.2BaO + 22H^2O$ ...	10,82	16,49	10,82	16,45	22,26
;,6 $SiO^2.12MoO^3.2H^2O + 24H^2O$ / ;,4 $SiO^2.12MoO^3.2BaO + 22H^2O$ ...	10,38	16,64	10,38	16,63	22,33
',3 $SiO^2.12MoO^3.2H^2O + 24H^2O$ / ;,7 $SiO^2.12MoO^3.2BaO + 22H^2O$ ...	10,18	16,83	10,18	16,71	22,38
' $SiO^2.12MoO^3.2H^2O + 24H^2O$ / ; $SiO^2.12MoO^3.2BaO + 22H^2O$ ...	8,98	17,40	8,98	17,19	22,57
; $SiO^2.12MoO^3.2H^2O + 24H^2O$ / ; $SiO^2.12MoO^3.2BaO + 22H^2O$ ...	8	17,74	8	17,57	22,74
; $SiO^2.12MoO^3.2H^2O + 24H^2O$ / ; $SiO^2.12MoO^3.2BaO + 22H^2O$ ...	6,46	18,21	6,46	18,32	23,01

Les eaux de la dernière cristallisation ne contiennent plus qu'une fraction faible, environ un dixième, du poids total des corps mis en solution. Ce qui se dépose alors est un mélange confus de rhomboèdres basés et d'octaèdres quadratiques et la cristallisation se termine enfin par le dépôt d'octaèdres quadratiques contenant encore du baryum, mais dont l'hydratation ne correspond plus à celle de la série précédente :

	Trouvé.		Calculé.	
pour 100 94,1 $SiO^2.12MoO^3.2H^2O + 31H^2O$ / 5,9 $SiO^2.12MoO^3.2BaO + 29H^2O$ ...	0,69	24,53	0,69	24,62

Minéraux nouveaux;

Par M. Paul Gaubert.

Paravivianite. — Ce minéral se présente en cristaux radiés aciculaires, transparents et bleuâtres, dont la densité est de 2,66 à 2,67, la dureté un peu supérieure à 2 et la poussière brune. Il diffère de la vivianite par la présence d'une petite quantité de manganèse et de magnésium.

Les résultats d'une analyse sont les suivants :

P^2O^5	27,01 pour 100
FeO	39,12
MnO	2,01
MgO	1,92
CaO	0,48
H^2O	29,41 (par différence)

ils sont représentés par la formule $(Fe, Mn, Mg)^3P^2O^8.8H^2O$

La paravivianite se trouve dans le gisement de limonite de Janysch-Takil (presqu'île de Kertsch) et dans celui de Tauria (S. Popoff, *Cent. f. Min., etc.,* 15 février 1906, p. 112.)

Kertschenite. — Les cristaux de ce minéral, très aplatis de couleur vert foncé, presque noire, forment des agrégats fibro-radiés. Leur densité est de 2,65, leur dureté 3.5 et leur poussière verte.

La composition est la suivante :

	I.	II.	Moyenne.
P^2O^5	28,19	28,21	28,20
Fe^2O^3	32,89	32,965	32,93
FeO	9,50	9,49	9,49
MnO	1,99	1,84	1,92
MgO	1,54	1,56	1,55
CaO	0,49	0,46	0,47
H^2O	25,04	24,91	24,98
			99,54

correspondant à la formule $(Fe, Mn, Mg)O, Fe^2O^3, P^2O^5.7H^2O$.

La kertschenite a été rencontrée surtout dans le gisement de limonite de Kamysch-Burun et plus rarement dans celui de Nowyi-Karantin, l'un et l'autre situés dans la presqu'île de Kertsch (mer Noire). (S. Popoff, *Ibid.*).

Californite. — Nom donné à une idocrase compacte, de couleur vert olive à vert d'herbe et ressemblant beaucoup à la jadéite ou au chrysoprase avec lesquels elle a été confondue. L'analyse faite par G. Steiger, sur échantillon de densité de 3,286, a conduit aux résultats suivants :

SiO^2	35,85
Al^2O^3	18,35
CaO	33,51
Fe^2O^3	1,67
FeO	0,39
MgO	5,43
MnO	0,05
TiO^2	0,10
P^2O^5	0,02
H^2O à 100° C.	0,25
H^2O au-dessus de 100° C.	4,18
Total	99,84

Cette variété d'idocrase, qui peut être employée comme pierre d'ornement, se trouve à Burro-Tale, à 32 miles est de Fresno, Comté de Selma Fresno et dans le comté de Siskiyou (Californie). (G.-F. Kunz, *Am. Journ. of Sc.*, 4e série, t. XVI, 903, p. 397.)

Variétés d'ancylite [1]. — Dans un galet composé de feldspath rouge chair, de quartz et de muscovite et trouvé dans la Russsie orientale, M. G. Tschernik a observé de petits octaèdres appartenant au système rhombique ($0^{mm},5$ à $1^{mm},5$) à

[1] Ce *Bulletin*, t. XXIII, 1900, p. 25.

faces courbes, les uns brun foncé et les autres jaune brunâtre. Les cristaux bruns sont plus durs que les cristaux clairs (dureté 5 au lieu de 4) et aussi plus denses (4.298 au lieu de 3,962); en outre, leurs faces sont plus courbes.

L'analyse chimique a donné les résultats suivants :

	Variété brune.	Variété jaune.
Ce^2O^3	44,58	35,61
La^2O^3	2,85	6,47
Pr^2O^3 / NdO^3	2,57	7,74
Y^2O^3	traces	traces
FeO	5,36	»
BaO	traces	traces
CaO	13,01	12,83
CO^2	23,78	23,70
H^2O	6,97	6,94
MnO	»	5,55
Partie insoluble	»	0,22
Total	99,12	99,06

Les deux minéraux ont une composition très voisine qui peut être exprimée par la formule

$$4[Ce(OH)CO^3] + 3[CaCO^3] + RO + 3[H^2O]; R = Fe \text{ ou } Mn.$$

Les cristaux noirs appartiennent donc à une variété d'ancylite calco-ferrifère et les cristaux jaunes à une variété d'ancylite calco-manganésifère. (G. Tschernick, *Verh. kais. r. min. Ges.*, t. XLI, 1903, p. 43 et *Zeitsch. f. Kryst.*, t. XLI, 19[illegible], p. 184.)

Le Secrétaire gérant :
Maurice BLONDEL.

37868. — Paris, Imp. Gauthier-Villars, 55, quai des Grands-Augustins.

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE MINÉRALOGIE.

ANNÉE 1906. — BULLETIN N° 4.

Compte rendu de la Séance du 5 Avril 1906.

PRÉSIDENCE DE M. WYROUBOFF.

M. LE PRÉSIDENT proclame membre de la Société :

M. H. COPAUX, docteur ès sciences, chef des travaux pratiques à l'École de Physique et de Chimie.

M. BUTTGENBACH adresse une Note sur des cristaux de Smithsonite d'Almaden.

M. A. LACROIX présente de la part de M. UNGEMACH un Mémoire sur les Gites métallifères du Val de Villé (Alsace) et, de la part de M. Gonnard, une Communication sur deux Notes de MM. Goldschmidt et Hermann.

M. A. LACROIX met sous les yeux de la Société quelques échantillons des syénites néphéliniques des Iles de Los et de leurs minéraux (wöhlerite, astrophyllite, lavenite, eudialyte, etc.) sur lesquels une Note sera publiée prochainement dans le *Bulletin*.

Sur quelques roches ijolitiques du Kilima-Ndjaro;

Par M. A. Lacroix.

M. Alluaud m'a remis quelques roches qu'il a recueillies en 1903-1904 au cours d'un voyage zoologique, effectué dans la Great Rift Valley (Afrique orientale anglaise) et dans le massif du Kilima-Ndjaro (Afrique orientale allemande).

Les principales de ces roches sont constituées par des trachytes phonolitiques et par ces trachytes augitiques à anorthose et souvent à olivine, qui ont été désignés par M. Gregory [1] sous le nom de *kényte,* à cause de leur grand développement dans le massif du Kénya. M. G.-T. Prior, qui a publié récemment [2] une étude intéressante sur les roches de l'Afrique orientale anglaise, a bien voulu identifier mes échantillons avec les kénytes qu'il a décrites et dont quelques-unes, d'ailleurs, proviennent des mêmes gisements (Kikuyu Escarpment, dans la Great Rift Valley en particulier).

Les kénytes, recueillies par M. Alluaud au Kilima-Ndjaro, proviennent les unes de la base sud-ouest du glacier de Kibo, entre 4000^{m} et 5000^{m} d'altitude, les autres de Kiboscho, à 1350^{m} d'altitude, dans la zone des cultures. La roche de ce dernier gisement, de couleur noirâtre, est très poreuse et j'ai pu en isoler un cristal d'*anorthose* offrant cette forme si curieuse, rappelant celle de l'adulaire par l'absence de faces g^1(010), par la prédominance des faces $m(1\bar{1}0)$, t(110), avec $a^1(\bar{1}01)$ et p(001), forme qui a été pour la première fois

(1) *Quarterly J. Geol. Soc. London,* t. LVI, 1900, p. 205.
(2) *Mineral. Magaz. London,* t. XIII, 1903, p. 228.

signalée, dans cette région, par M. Miers [1]. On sait qu'elle est caractéristique de l'anorthose du *rhombenporphyr* et de la *laurdalite* de Norvège; il n'est pas sans intérêt de le rappeler, car, d'après les analyses publiées par M. Prior, les kénytes sont à rapporter au même type chimique que la laurdalite (II.6.1.4 = laurdalose de la classification chimico-minéralogique quantitative).

En outre de ces roches trachytiques, la collection de M. Alluaud renferme d'autres échantillons recueillis, comme tous ceux du Kibo, dans les éboulis situés au-dessous du glacier. L'un est une *phonolite néphélinique*, l'autre une *néphélinite;* ils sont accompagnés de quatre roches, à gros grains ou à grains fins, mais toutes grenues, holocristallines et essentiellement constituées par de la néphéline et de l'augite; ce sont ces roches, présentant un intérêt pétrographique tout à fait spécial, qui font l'objet de cette Note. Elles se rapportent à quatre types différents.

1° L'échantillon consiste en un grand cristal de hornblende noire, mesurant 5^{cm} suivant l'axe vertical, englobé dans une pâte à gros grains, essentiellement constituée par de l'augite et de la néphéline. L'examen microscopique fait voir que cette augite se présente en cristaux automorphes, allongés suivant *c*, pléochroïque dans les teintes vertes et jaunâtres. La hornblende, brune en lames minces, englobe pœcilitiquement le pyroxène; elle est associée à un peu de biotite. Il faut signaler en outre des cristaux de sphène, de grandes plages de *pérowskite,* à macles polysynthétiques remarquablement nettes, enfin de l'ilménite et un nombre considérable de prismes hexagonaux d'apatite. Çà et là, de grandes plages de néphéline moulent tous ces minéraux.

---

[1] *Id.*, t. VII, 1886, p. 10. Mon cristal est raccourci suivant l'axe vertical et, par suite, assez allongé suivant *b* au lieu d'être allongé suivant *c*, comme dans la figure donnée par M. Miers.

Par places, la biotite et la hornblende forment des associations dentelliformes avec l'augite et l'ilménite (bordée de sphène); cette structure ne me paraît pas primaire, elle semble résulter de recristallisations ayant suivi une fusion partielle de la roche. C'est là un fait fréquent dans les enclaves basiques des roches volcaniques.

2° Cette roche, à l'inverse de la précédente, est riche en

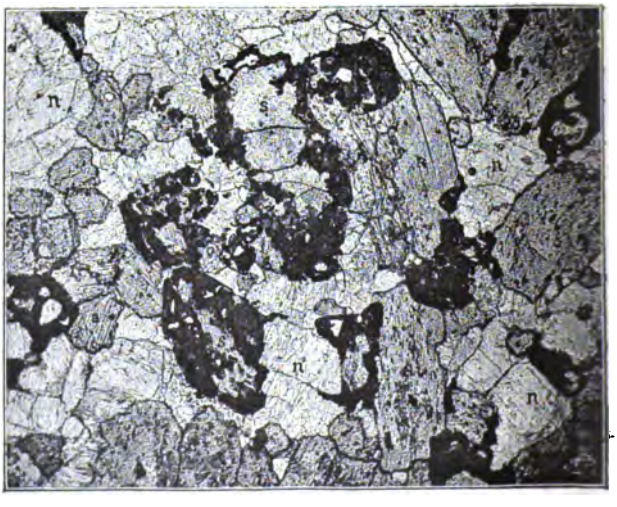


Fig. 1, — *n.* néphéline, *a.* augite, *s.* sphène, le grenat est noir. Grossissement 20 diamètres (*lumière polarisée*).

néphéline d'un gris de fumée, à éclat gras, au milieu de laquelle apparaissent, à l'œil nu, des cristaux nets d'augite et des grains de pérowskite, atteignant 2^{mm} de diamètre.

Le microscope montre, en outre, de l'apatite et fait voir que le pyroxène est de l'augite ægyrinique, à formes nettes, qui moule la pérowskite.

3° Ce type est représenté par une roche à gros grains, ayant l'aspect d'un gabbro mésocrate. Il est essentiellement constitué par de l'augite ægyrinique vert d'herbe ($n_g c = 58°$) et de la néphéline. Le pyroxène n'est plus automorphe, comme dans les roches précédentes, sa cristallisation est contemporaine de celle de la néphéline, les deux minéraux se moulent et s'englobent mutuellement. L'apatite est abondante, ainsi que le sphène, mais celui-ci ne se présente que rarement en cristaux indépendants; il offre avec un autre minéral un genre d'association, dont je ne connais pas d'autre exemple jusqu'à présent. Il est, en effet, toujours entouré par une zone, quelquefois irrégulière, parfois extérieurement limitée par les faces du rhombododécaèdre, d'un grenat brun foncé en lames minces (*mélanite* ou *schorlomite*) (*fig.* 1). Le même grenat forme aussi des plages irrégulières, indépendantes du sphène; elles entourent l'augite.

4° Enfin, un dernier échantillon est compact; sa composition est indistincte à l'œil nu; on n'y reconnaît que de grandes lames de biotite d'un noir extrêmement foncé. L'examen microscopique montre que la roche a une composition minéralogique très analogue à celle du type précédent, mais elle constitue une évolution de celui-ci vers le type microgrenu (I, augite, II, augite et néphéline). La figure 2 représente une section hexagonale d'un minéral disparu; ses bords sont formés par des lames de biotite, intérieurement recouvertes par des cristaux de sphène, servant eux-mêmes de support à quelques lames de biotite; l'intérieur de la pseudomorphose est vide.

Localement, l'aspect de la roche change; la néphéline devient automorphe et forme de très petits prismes hexagonaux, dont les contours sont soulignés par des aiguilles d'augite ægyrinique ou d'ægyrine, peut-être même existe-t-il

çà et là un peu de verre; cette partie de la roche constitue très nettement une *néphélinite*.

Cet échantillon est particulièrement intéressant, car il permet de discuter l'origine de ces différentes roches grenues. Au point de vue de leur composition minéralogique et de leur structure, ce sont des *ijolites;* les types grenatifères peuvent être particulièrement comparés aux *facies de variation* ijolitiques des syénites néphéliniques d'Alnö et de Magnet Cove.

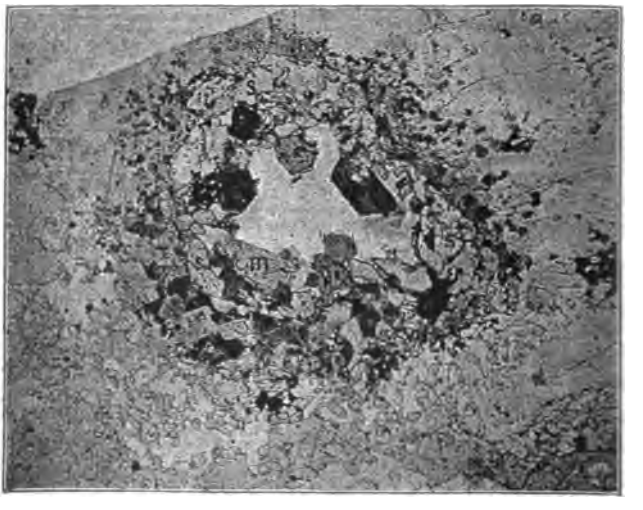


Fig. 2, *s*. sphène, *m*. biotite (même grossissement que la figure 1).

Cependant, je ne pense pas que ces échantillons représentent des fragments de roches (¹) en place; la variation

(¹) L'existence d'ijolite, en place dans le Kilima-Ndjaro, n'aurait cependant rien d'extraordinaire; cette roche y jouerait, dans ce cas, le même rôle que la syénite néphélinique à olivine trouvée par M. Gregory dans le massif central du mont Kenya, où elle est accompagnée de filons de phonolite et de coulées de kényte.

L'observation faite plus haut au sujet de la composition chimique des

de composition et de structure que présente chacun de ces échantillons, quand on le compare aux autres, me fait penser plutôt qu'ils constituent des *enclaves homœogènes* des roches volcaniques de la région et je les comparerai très volontiers aux enclaves ijolitiques des néphélinites de l'Oberwiesenthal (1).

Elles peuvent se rapporter à l'une ou à l'autre des deux roches volcaniques qui les accompagnent dans la collection de M. Alluaud, roches dont la parenté magmatique n'est d'ailleurs pas douteuse. Le quatrième échantillon décrit plus haut fait penser qu'elles sont particulièrement liées à la *néphélinite*, dont elles constitueraient des enclaves homœogènes homologues (3 et 4), ou antilogues (1 et 2) (2). Cette néphélinite est assez curieuse; elle est d'un vert poireau et possède l'aspect extérieur d'une tinguaïte, mais, au microscope, on y constate l'absence de feldspath; on ne voit que d'innombrables petits cristaux de néphéline, accompagnés de cristallites, de microlites et de quelques phénocristaux d'augite brunâtre, verdissant sur les bords. Çà et là se montrent des fragments de hornblende brune en voie de résorption.

On sait, d'ailleurs, qu'il existe au Kibo des *néphélinites à*

---

kénytes montre que l'étude chimique de la syénite néphélinique de Kenya serait intéressante en raison de sa parenté probable avec la *laurdalite*.

(1) Les enclaves de cette région paraissent cependant avoir renfermé, en outre, un minéral du groupe haüyne-noséane (zéolithisé), que j'ai rencontré aussi en abondance (sodalite) dans les roches similaires du cap Acra près Rachgoun (Oran) (*Les enclaves des roches volcaniques*, 1893, p. 532) et qui n'existe pas dans les roches du Kilima-Ndjaro. Les nodules à ittnérite du Kaiserstuhl appartiennent au même groupe, mais la néphéline y est exceptionnelle et, au contraire, l'haüyne (ittnérite) essentielle; j'y ai trouvé parfois de la perowskite. Ces enclaves se trouvent dans les leucophonolites d'un centre volcanique riche en roches à feldspathoïdes variés, parmi lesquelles se trouvent des néphélinites.

(2) Je rappellerai que j'appelle *homologues* les enclaves homœogènes qui possèdent la même composition que la roche englobante, et *antilogues* celles qui sont plus basiques que cette dernière.

olivine, qui ont été décrites par M. Hyland [1]. Je dois à l'obligeance de M. Zirkel un fragment de l'une de ces roches, qu'a bien voulu lui remettre pour moi M. Hans Meyer : elle a un faciès basaltique et se rapporte au type qui, dans l'Oberwiesenthal, renferme les enclaves auxquelles il vient d'être fait allusion.

Si, au contraire, mes roches sont liées à la phonolite, elles en constituent toutes des *enclaves homœogènes antilogues.* L'échantillon de phonolite que j'ai étudié se rapproche de quelques-unes de celles décrites par M. Prior et provenant de la Great Rift Valley, mais il est très pauvre en feldspath; il renferme quelques phénocristaux et de très nombreux microlites de néphéline; les éléments colorés consistent en plages dentelliformes d'ægyrine, d'ænigmatite et de katoforite.

Quoi qu'il en soit de l'origine de ces roches grenues, il m'a paru utile d'appeler l'attention sur ce sujet, car ces roches appartiennent à des types pétrographiques aussi rares qu'intéressants et elles sont remarquables par la fraîcheur de leur néphéline, ce qui n'est pas généralement le cas pour les roches de ce genre.

Il est bien vraisemblable que des recherches méthodiques, effectuées dans les tufs de l'Afrique orientale allemande et anglaise, fourniraient des données précieuses sur les formes de profondeur des roches alcalines si curieuses qui caractérisent cette vaste région volcanique; elles aideraient à la discussion des relations mutuelles de celles-ci. M. Prior a en effet signalé déjà [2] dans les tufs du mont Elgon, au nord-ouest du massif du Kénya, un fragment d'une roche grenue, formée par de l'augite, de la pérowskite, de la magnétite et de l'ilménite; il l'a comparée aux jacupiranjites du Brésil et d'Alnö.

---

(1) *Tschermak's min. u. petr., Mitteil.,* t. X, 1888, p. 203.
(2) *Op. cit.,* p. 255.

Cette enclave, qui accompagne, dans ces tufs, des blocs de phonolite à mélanite, n'est, on le voit, autre chose que la forme holomélanocrate des roches qui font l'objet de cette Note et qui proviennent cependant d'une région fort éloignée de la précédente.

Contribution à l'Étude de l'Isomorphisme;

Par M. Jean Herbette.

Introduction.

Il semble, quand on parle d'une recherche sur l'isomorphisme, que l'on entende sous ce nom une propriété nettement définie. Cependant il convient, au début d'une étude qui a l'isomorphisme pour objet, de discuter cette définition et d'examiner si des découvertes récentes, et si les observations qui vont être exposées par la suite, s'accordent avec elle.

Quand Mitscherlich [1], après les travaux de Romé de l'Isle, de Leblanc et de Vauquelin, de Beudant, sur les cristaux mixtes, découvrit entre des phosphates et des arséniates alcalins cette parenté à laquelle il donna le nom d'isomorphisme, il lui assigna trois caractères : analogie des formules chimiques, ressemblance des formes cristallines, syncristallisation en proportions quelconques. On peut se demander d'abord si ces trois caractères se trouvent toujours réunis.

On savait depuis longtemps que la galène et l'argyrose, corps dont les formules PbS et Ag^2S n'ont pas une analogie complète, se mélangent pour cristalliser. Les recherches de

---

(1) Mitscherlich, *Ann. Chim. et Phys.*, 1820 et 1821.

M. Wyrouboff (1) et de M. Copaux (2) ont fourni des exemples plus frappants encore du même phénomène : non seulement des corps à fonctions chimiques différentes, un acide et un sel, mais même des acides et des sels à hydratations différentes comme les corps :

$$SiO^2, 12MoO^3, 2H^2O + 24H^2O$$
$$SiO^2, 12MoO^3, 3BaO + 22H^2O$$

s'unissent en toutes proportions pour cristalliser, tout en conservant chacun leur hydratation particulière. L'analogie des formules chimiques n'accompagne donc pas nécessairement les deux autres caractères de l'isomorphisme.

La ressemblance des formes cristallines peut être entendue d'une manière plus ou moins rigoureuse. On peut exiger sous ce nom, outre la ressemblance dans les valeurs des paramètres, l'identité des symétries et jusqu'à la présence dans les deux corps, de faces de mêmes notations. Or cette dernière condition n'est pas toujours remplie, comme en témoigne l'exemple bien connu de la dolomie, où le rhomboèdre primitif est constamment dominant, et de la calcite où ce rhomboèdre n'apparaît presque jamais. L'identité des symétries pouvait passer pour une condition indispensable de l'isomorphisme à l'époque où l'on regardait les éléments constitutifs de l'édifice cristallin comme indéformables ; mais puisqu'on considère aujourd'hui ces éléments comme des groupements de molécules, dont la disposition peut évidemment changer, il n'y a aucune raison *a priori* pour que la symétrie réticulaire reste seule invariable dans une série de mélanges où tous les caractères s'altèrent graduellement

(1) Wyrouboff, *Bull. Soc. Min.*, t. XXVIII, 1905, p. 201.
(2) Copaux, *Bull. Soc. Min.*, t. XXIX, 1906, p. 77.

C'est ce qu'a déjà vérifié M. Wallerant [1] au point de vue des propriétés optiques : il a montré que, dans les mélanges fondus d'azotate de potassium et d'azotate d'ammonium, ou bien d'azotate de thallium et d'azotate d'ammonium, il se produisait un passage progressif d'une forme uniaxe à une forme biaxe. Nous nous sommes proposé de vérifier le même phénomène en mesurant et en étudiant optiquement des cristaux obtenus par dissolution aqueuse. Enfin, si dans aucun cas d'isomorphisme la ressemblance des paramètres ne peut être contestée, même quand il existe, comme on le voit dans la calcite et la smithsonite, un écart de 2° 35′ entre les angles des formes primitives, c'est qu'elle constitue un caractère actuellement indéfinissable, et par conséquent difficile à introduire dans une définition.

Quant à la syncristallisation en proportions quelconques, elle nécessite évidemment qu'on puisse fondre, dissoudre ou vaporiser ensemble les deux corps qu'on suppose isomorphes. Il est superflu de rappeler combien souvent les propriétés chimiques ou physiques s'opposent à de semblables expériences, quelles que soient d'ailleurs l'analogie des formules et la ressemblance des paramètres.

On est donc conduit à cette première conclusion, que des trois caractères indiqués par Mitscherlich il n'en est pas un qui ne puisse faire défaut lorsque les deux autres apparaissent. Examinons maintenant la valeur de chaque caractère en lui-même, et voyons s'il n'en est pas un qui doive, de préférence aux autres, servir à la définition de l'isomorphisme.

Rien n'est plus simple, en apparence, que de vérifier l'analogie de deux formules chimiques ; mais dans la pratique les cas embarrassants abondent, et l'appréciation personnelle a

---

[1] WALLERANT, *Bull. Soc. Min.*, t. XXVIII, 1905, p. 366.

une grande part. Voici un exemple presque banal : l'isomorphisme de la strontianite et de l'aragonite ne fait pas doute, et les formules CO^3Sr, CO^3Ca sont certainement analogues ; il en est de même pour l'isomorphisme de la calcite et de la sidérose, et pour leurs formules CO^3Ca, CO^3Fe. Mais les formules CO^3Sr, CO^3Fe sont-elles analogues ? Si elles le sont, comment les sels de strontium et les sels ferreux ont-ils des propriétés si différentes ? Si elles ne le sont pas, comment deux formules analogues à une troisième ne sont-elles pas analogues entre elles ? On pourrait multiplier les questions de ce genre ; elles montrent combien serait discutable une définition de l'isomorphisme fondée sur l'analogie des formules chimiques. Et d'ailleurs les chimistes n'ont-ils pas inversement, fait plus d'une fois appel à l'isomorphisme pour établir l'analogie de deux corps ?

Grâce à leur nature géométrique, les systèmes réticulaires semblent devoir fournir un moyen de comparaison plus rigoureux. Pourtant, non seulement, comme nous venons de le dire, leur ressemblance est une chose indéfinissable, non seulement on ne peut limiter à un nombre déterminé de minutes ou de décimales les écarts que des corps isomorphes seront admis à présenter dans leurs angles ou dans leurs paramètres ; mais encore il arrive que des substances dont les systèmes réticulaires sont très voisins ne puissent pas être considérées comme isomorphes. Un cas particulièrement net est celui du tartrate de potassium et de la forme, décrite par Des Cloizeaux [1], du tartrate de thallium : ces deux espèces cristallines ne peuvent être regardées comme isomorphes, parce qu'il existe une autre forme du tartrate de thallium qui donne avec le tartrate de potassium des mélanges en toutes proportions, et que, au surplus, la forme de

[1] Des Cloizeaux, *Ann. Chim. et Phys.*, t. XVII, 1869, p. 335.

Des Cloizeaux se dépose sans entraîner de tartrate de potassium dans une solution qui renferme à la fois les deux sels; or, tout en n'étant pas isomorphes, le tartrate de potassium et la forme de Des Cloizeaux possèdent, comme on le verra plus loin, des réseaux presque identiques.

En vain essaierait-on de pallier cette difficulté en expliquant que nous ignorons les dimensions véritables des formes primitives, et que, parmi les corps cristallisés, ceux-là seuls sont isomorphes dont les *paramètres absolus* ont des valeurs voisines. On ne ferait ainsi que reculer la question, non la résoudre, puisque nous ne savons pas déterminer les paramètres absolus, et que l'instrument de comparaison dont nous entreprendrions de nous servir aurait pour premier inconvénient de ne pas exister.

Il reste à examiner le criterium tiré de la syncristallisation en proportions quelconques. Mais, avant d'aborder cet examen, que de récentes études rendent particulièrement important, il convient de jeter un regard en arrière et de voir comment, après les observations qui viennent d'être faites, se présente dès maintenant la question de l'isomorphisme.

Phénomène à la fois physique et chimique aux yeux de celui qui l'a découvert, l'isomorphisme offrait, d'après lui, des caractères physiques et chimiques. Or, si nous avons été amené à refuser à deux de ces caractères déjà une valeur décisive, c'est pour des raisons bien différentes. On ne peut admettre comme criterium la ressemblance des formes cristallines, parce que cette ressemblance, telle que nous savons la reconnaître actuellement, n'est pas toujours très frappante entre des corps que nous appelons isomorphes, et paraît, au contraire, évidente entre des corps que nous ne pouvons désigner par ce nom; mais il est clair que chacun des groupes de corps que nous appelons isomorphes possède, dans sa structure cristalline, quelque trait général; et, si

l'on sait un jour déterminer d'une manière certaine grandeur de toutes les formes primitives, de façon à met en lumière les véritables ressemblances, cet examen cris lographique pourra devenir le meilleur procédé pour vérif l'isomorphisme. Au contraire, si l'analogie des formul chimiques nous a paru un criterium inacceptable, ce n'e pas seulement parce qu'elle est difficile à définir, c'est s tout parce qu'il existe des corps que nous sommes obli d'appeler isomorphes, et chez lesquels elle n'existe pas. Ai la ressemblance, convenablement entendue, des formes cr tallines, est bien un accompagnement nécessaire de l'isom phisme, et l'analogie des formules chimiques n'en est pas u Cette observation suffit à changer l'aspect de la notion d'i morphisme, à lui enlever son apparence chimique : « La de Mitscherlich, écrit M. Wyrouboff (1), sort donc domaine de la Chimie, qui ne lui convient nullement, re dans le domaine de la Physique moléculaire, où elle p s'interpréter rationnellement, et doit être exprimée ains chaque fois que les réseaux sont analogues, ils peuvent mélanger en toutes proportions, quelle que soit la com sition chimique des corps auxquels appartiennent c réseaux. ».

La faculté de se mélanger en toutes proportions, qui, pratique, sert le plus souvent à démontrer l'isomorphisme est le caractère que nous devons maintenant étudier.

Des trois procédés qu'on peut employer pour produire c mélanges, vaporisation, fusion, dissolution, les deux de niers seuls sont d'un usage fréquent. En ce qui concer la dissolution, M. Bakhuis Roozeboom (2) a montré theo quement que trois cas étaient possibles, et des exemples

(1) *Bull. Soc. Min.*, t. XXVIII, 1905, p. 240.
(2) Bakhuis Roozeboom, *Zeitsch. Phys. Chemie*, t. VIII.

ces trois cas ont été trouvés expérimentalement. Ou bien les cristaux qui se déposent contiennent toujours une proportion de l'un des corps mélangés supérieure à celle que contient la dissolution; ou bien, en appelant A l'un des corps, les cristaux renferment proportionnellement moins de A que la dissolution jusqu'à ce que leur propre teneur en A atteigne une certaine valeur, et ils renferment plus de A que la dissolution quand leur teneur en A dépasse cette valeur; ou enfin la proportion de l'un des corps dans les cristaux mixtes varie de o à p pour 100 et de q à 100 pour 100, sans qu'il s'en trouve contenant plus que p et moins que q. Ce cas, où une lacune se produit, mérite particulièrement d'être remarqué, parce qu'il n'y a plus ici mélange en proportions *quelconques*. Et le phénomène devient encore plus compliqué lorsque, au lieu de considérer uniquement, comme nous venons de le faire, les mélanges isomorphes, on considère les mélanges isopolymorphes.

Mais cette notion d'isopolymorphisme appelle quelques mots d'interprétation. Le cas le plus simple auquel elle s'applique est celui du sulfate de fer et du sulfate de zinc, qui cristallisent ensemble en toutes proportions, quoique le premier soit binaire et le second terbinaire. Comme l'a montré Lecoq de Boisbaudran, si l'on amorce une solution concentrée de SO^4Fe avec du sulfate de zinc, on obtient des cristaux terbinaires instables, et le procédé inverse permet de préparer des cristaux binaires instables de sulfate de zinc. Il y a donc ici, non pas une seule série de mélanges isomorphes, mais deux séries, qui ne se raccordent pas, et qui sont constituées chacune par la forme stable de l'un des sels et la forme instable de l'autre. On pouvait se demander si l'isodimorphisme ainsi compris était général, et si, toutes les fois que la forme stable d'un corps A est isomorphe avec la forme instable d'un autre corps B, il existait aussi une

deuxième forme de A isomorphe avec la forme stable de B; c'est là une question que nous nous sommes appliqué à résoudre. D'autre part, l'isopolymorphisme peut prendre un aspect beaucoup plus compliqué : on obtiendra, par exemple, trois espèces de cristaux mixtes ; les uns contenant une forte proportion de l'un des corps mélangés et possédant les mêmes propriétés que lui; d'autres renfermant surtout l'autre composant et doués de ses propriétés; et enfin, entre les deux séries, des cristaux dont la forme se distingue complètement de celles des deux corps en présence. M. Wyrouboff (1) a cité un exemple de ce cas dans une étude sur les trichromates de potassium et d'ammonium. Nous avons entrepris d'en examiner un deuxième, en nous efforçant particulièrement de saisir les rapports cristallographiques qui existent entre la forme intermédiaire et chacune des formes extrêmes.

A l'égard des cristaux mixtes obtenus par fusion, les travaux de M. Wallerant (2) sur les azotates ont mis en lumière des phénomènes encore plus complexes. C'est ainsi qu'avec les nitrates de caesium et de thallium ce savant a obtenu au-dessus de 145° une série continue de cristaux cubiques; entre 105° et 80°, une série continue de cristaux rhomboédriques, et au-dessous de 80° deux séries de cristaux mixtes, l'une terbinaire, l'autre rhomboédrique. L'existence de lacunes et de formes intermédiaires s'observe avec les nitrates de thallium et d'ammonium; à la température ordinaire, un mélange de ces sels fournit trois séries de cristaux : la première, isomorphe de NO^3Tl, est séparée par une lacune d'une série quadratique; les cristaux de cette série quadratique appartiennent à un type qui n'est pas

(1) Wyrouboff, *Bull. Soc. Min.*, t. IV, 1881, p. 17.
(2) Wallerant, *Bull. Soc. Min.*, t. XXVIII, 1905.

stable à la température ordinaire, mais qui existe à d'autres températures dans chacun des nitrates en question; enfin, en continuité de composition avec la série précédente, vient une série de cristaux semblables à ceux du nitrate d'ammonium.

Ainsi, la propriété de cristalliser ensemble en toutes proportions peut appartenir à deux corps dans certaines conditions, et, dans d'autres conditions, ne plus leur appartenir. De ce que l'on obtient une série continue de cristaux on ne peut conclure qu'en d'autres circonstances il ne se ferait pas une lacune; et — fait important à noter si l'on veut prendre la syncristallisation pour criterium de l'isomorphisme — de l'existence d'une lacune on ne peut conclure qu'une série continue soit irréalisable.

D'ailleurs, les séries continues elles-mêmes ne sont pas sans anomalies. M. Hollmann a observé que les tensions de dissociation et les températures de décomposition sous pression constante, pour certains cristaux mixtes, ne variaient pas d'une manière continue lorsque la composition chimique variait; les discontinuités correspondaient à des proportions telles des deux composants qu'une molécule de l'un fût unie à une, ou à deux molécules de l'autre. Ces phénomènes semblent bien montrer qu'il y a, entre les sels en présence, non seulement un mélange physique, mais de véritables combinaisons en proportions définies, que l'énoncé de la loi de Mitscherlich ne laissait pas prévoir.

En résumé, si l'on voulait faire de la syncristallisation en proportions quelconques le criterium de l'isomorphisme, on serait exposé à de graves incertitudes : on serait, tout d'abord, obligé de laisser de côté tous les corps que nous ne savons pas mélanger ou qui, mélangés, réagissent l'un sur l'autre; on serait amené en outre à nier l'isomorphisme de deux corps pour avoir trouvé une lacune dans la série de

leurs mélanges, alors qu'en d'autres conditions la lacune pourrait disparaître; on serait, enfin, exposé à prendre pour des mélanges isomorphes entre deux corps de véritables combinaisons moléculaires, ou les mélanges de ces combinaisons entre elles.

C'est pourquoi, des trois caractères indiqués par Mitscherlich, aucun n'est assez général ou assez précis pour qu'on puisse, par son seul secours, définir l'isomorphisme. Dans la plupart des cas, les trois caractères se trouvent réunis, et l'on ne saurait en être surpris : car l'isomorphisme est l'expression d'une étroite parenté entre deux corps, et il est assez naturel que cette parenté se traduise dans la composition chimique. Mais l'analogie des formules chimiques peut ne pas exister, et nous n'en devons pas moins appeler isomorphes des corps qui n'ont entre eux que ces relations purement physiques : quasi-identité des réseaux, syncristallisation en proportions quelconques. Enfin ces deux derniers caractères doivent être l'objet d'un examen attentif, puisque la quasi-identité des réseaux peut soit n'être qu'apparente, soit exister en dépit d'une différence de symétrie, et puisque le mélange de deux corps peut, dans certaines conditions, donner lieu à des lacunes, alors qu'en opérant autrement on obtiendrait une série continue.

Telles sont les réflexions que nous a paru exiger le nom de l'isomorphisme inscrit en tête de ce travail. Sans doute elles ne mènent pas à une définition nouvelle et irréprochable de cette propriété complexe : mais dans l'état de nos connaissances toute définition de l'isomorphisme sera trop vague ou trop étroite, et nous devons nous contenter d'élargir suffisamment la notion primitive de Mitscherlich, pour que les phénomènes qui ont été découverts dernièrement y trouvent place.

Dans les recherches dont l'exposé va suivre, nous nous

sommes proposé, comme nous l'avons déjà signalé en passant, de résoudre les trois questions suivantes :

I. Peut-il y avoir isomorphisme entre des corps appartenant à des symétries différentes?

II. Si un corps A est, sous sa forme stable, isomorphe avec la forme instable d'un corps B, existe-t-il nécessairement une autre forme de A isomorphe avec la forme stable de B?

III. Quand deux corps cristallisés donnent, en se mélangeant, non seulement des cristaux de la même forme que chacun d'eux, mais encore des cristaux d'une forme différente, existe-t-il une relation géométrique et optique entre cette forme intermédiaire et les deux formes extrêmes ?

Le présent travail a été exécuté au laboratoire de Minéralogie de la Sorbonne, sous la direction de M. le professeur Wallerant, dont les conseils nous ont été précieux, et dont le bienveillant appui ne nous a jamais manqué : c'est pour nous un devoir, et en même temps une joie, de lui exprimer notre vive et respectueuse gratitude. Nous tenons également à remercier M. Wyrouboff, qui a bien voulu nous donner plusieurs fois l'aide de sa grande expérience.

Qu'il nous soit permis de nous rappeler aussi ce que nous devons à M. L. Maquenne, membre de l'Institut, et ce que nous devons à M. A. Vianna de Lima, docteur ès sciences, à qui nous lie non seulement la reconnaissance, mais encore une profonde et déjà ancienne amitié.

Sur de nouvelles formes du tartrate neutre de thallium, et sur leurs rapports avec les formes des autres tartrates alcalins du groupe du potassium.

Parmi les tartrates neutres alcalins du groupe du potassium, on connaît des cristaux anhydres, et l'on connaît aussi des cristaux hydratés dont la composition est :

$$2C^4H^4O^6M^2, H^2O.$$

I. — TARTRATES ANHYDRES.

On a décrit :

le tartrate d'ammonium [1], binaire, ayant pour paramètres

$$a : b : c = 1,1493 : 1 : 1,4291 ; \qquad \beta = 87^\circ 35'$$

le tartrate de thallium [2], binaire, ayant pour paramètres

$$a : b : c = 0,5738 : 1 : 1,6844 ; \qquad \beta = 86^\circ 43'$$

les tartrates de rubidium [3] et de caesium [4], ayant pour paramètres

Rubidium : $a : c = 1 : 1,82396$; Caesium : $a : c = 1 : 1,80754$

L'isomorphisme des deux derniers sels entre eux est hors de doute. D'autre part, il y a certainement une relation entre

---

(1) Des Cloizeaux, *Sav. Étr.*, t. XVIII, 1867, p. 688.
(2) Wyrouboff, *Bull. Soc. Min.*, t. IX, 1886, p. 113.
(3) Wyrouboff, *Bull. Soc. Min.*, t. VI, 1883, p. 56; Traube, *Neues Jahrbuch, Beilage Band X*, 1896, p. 791.
(4) Traube, *Ibidem*.

les deux premiers, car il suffit d'amorcer sous le microscope une goutte d'une solution de tartrate de thallium avec du tartrate de Tl binaire d'un côté, et avec du tartrate de NH^4 de l'autre pour voir se développer des deux côtés des cristaux identiques, qui viennent s'enchevêtrer au milieu (1). Mais le tartrate de Rb ne paraît pas comporter de forme analogue. Si, en effet, l'on amorce une solution équimoléculaire des tartrates de Tl et de Rb par du tartrate binaire de Tl, les cristaux qui se déposent sont constitués par du tartrate de Tl pur (2). Quant au tartrate de K, il est impossible de l'amener à cristalliser anhydre, soit qu'on l'amorce comme l'a essayé M. Traube avec du tartrate de Rb, ou avec du tartrate de NH^4, ou avec celui de Tl. Cependant, dans une solution équimoléculaire des tartrates de K et de Tl, nous avons recueilli après amorçage des cristaux tout semblables au tartrate binaire de Tl, et qui renfermaient un peu moins de ce métal que le tartrate pur (3).

Mais il est possible d'obtenir un tartrate ternaire de Tl, analogue à ceux de Rb et de Cs, et isomorphe avec eux. C'est de cette forme nouvelle que nous allons nous occuper maintenant.

a. Préparation de la forme ternaire. — Cette opération est

---

(1) La relation entre les formes de ces tartrates est d'une nature assez particulière, puisque M. Wyrouboff a obtenu des cristaux mixtes, contenant jusqu'à 88,7 pour 100 de tartrate de Tl, et présentant cependant des propriétés sensiblement identiques à celles du tartrate de NH^4. Peut-être les deux formes, sans être proprement isomorphes, ont-elles entre elles une relation d'orientation analogue à celle qui unit, comme on le verra plus loin, le chlorure de baryum à une forme intermédiaire entre ce sel et le bromure du même métal.

(2) Sel analysé : $0^g,4025$; TlI trouvé : $0^g,4788$; TlI calculé, dans l'hypothèse où le sel est du tartrate de Tl pur : $0^g,4792$.

(3) Sel analysé : $0^g,2887$; TlI trouvé : $0^g,3255$; TlI calculé, dans la même hypothèse : $0^g,3437$.

quelque peu délicate, parce que la forme ternaire, très soluble, ne se dépose qu'en solution très concentrée, et parce que, dans une telle solution, deux autres formes du tartrate de Tl, la forme binaire (anhydre) et une deuxième forme binaire (hydratée), se développent avec une grande rapidité (1). Il est prudent, lorsqu'on a amené la solution neutre de tartrate à une concentration convenable (une solution renfermant 100 grammes de sel occupe environ 60$^{cm^3}$), de la faire bouillir doucement pendant quelques instants dans un vase de bohême recouvert d'un verre de montre, de refroidir rapidement (il ne doit se faire sur les parois du vase, ni dans le liquide ni au-dessus, aucune trace de cristallisation), et d'amorcer vers 15°-20°; on se servira comme amorce d'un fragment de tartrate ternaire (2), préalablement chauffé vers 100°-110°, qu'on saisira avec une pince de métal flambée, et l'on recouvrira la solution. En 5 à 7 heures, on obtient des cristaux très bien formés. Pour les recueillir, on décante et l'on essuie soigneusement les cristaux, le plus vite possible pour éviter l'invasion de l'une des autres formes du tartrate. En lavant les cristaux, soit à l'eau froide, soit à l'eau chaude, on s'expose à les transformer partiellement.

On distingue facilement, pendant qu'elles se déposent, les

---

(1) Si l'on provoque, sous le microscope, la formation du tartrate ternaire, et qu'on amorce un autre point de la préparation avec l'une des deux formes binaires, on voit les cristaux binaires se développer avec une rapidité très grande, et faire disparaître devant eux les rhomboèdres, qui se dissolvent en général avant d'être atteints. Lorsque les deux formes binaires se trouvent en conflit dans une solution très concentrée, la forme hydratée l'emporte sur la forme anhydre.

(2) Si l'on n'a pas de tartrate ternaire bien pur, le mieux est de saturer par du carbonate de Tl le tartrate acide de Rb qui se trouve dans le commerce. On obtient par concentration des cristaux mixtes, ternaires, qui peuvent servir d'amorce.

différentes formes du tartrate de Tl. La forme ternaire est en rhomboèdres, couchés sur l'une de leurs faces, et d'ordinaire parfaitement transparents; les deux autres formes binaires sont, l'une (anhydre) en prismes hexagonaux surmontés d'une pyramide basse à quatre pans, l'autre (hydratée) en parallélépipèdes qui portent sur l'un de leurs angles une large troncature, et qui, se développant avec une rapidité extrême, sont presque toujours troubles.

b. Composition chimique. — La forme ternaire peut être chauffée à 120° sans subir d'altération. Son analyse a été faite, comme toutes celles dont il est question ici, en dosant le thallium à l'état d'iodure, par l'iodure de K. On a obtenu le résultat suivant :

Masse du sel analysé.	TlI trouvé.	TlI calculé ($C^4H^4O^6Tl^2$).
$0^g,7017$	$0^g,8330$	$0^g,8355$

c. Densité. — Sa valeur considérable ne permet pas d'employer la méthode du flottage; d'autre part, si l'on se sert de la balance hydrostatique, on ne peut avoir recours à l'iodure de méthylène, qui attaque rapidement les cristaux. Nous avons procédé de deux façons distinctes :

1° A l'aide de la balance hydrostatique, en immergeant dans du bromure d'éthylène; avec $1^g,6290$ de cristaux, autant que possible exempts d'inclusions, nous avons trouvé :

$$\text{Densité} = 4,798.$$

2° A l'aide du « flottage indirect », c'est-à-dire en plaçant quelques fragments limpides dans un petit cornet d'aluminium suspendu à une petite sphère creuse de verre, et en faisant flotter ce système dans un mélange de nitrobenzène et de xylène; nous avons trouvé ainsi :

$$\text{Densité} = 4,801.$$

La valeur 4,80 paraît donc sensiblement exacte. Elle correspond à un volume moléculaire de 115,8, alors que la densité du tartrate binaire anhydre, déterminée par M. Wyrouboff, est de 4,74, correspondant à un volume moléculaire de 117,3.

d. Propriétés cristallographiques.

Système ternaire.

$a : c = 1 : 1,8534.$

Angle du rhomboèdre (arêtes culminantes) : 103°22′ (1).

Faces.	Observé.	Calculé.
$(10\bar{1}1)$-$(1\bar{1}0\bar{1})$	76°.38′	fondamental.
$(10\bar{1}1)$-$(01\bar{1}2)$	51.43	51°.41′
$(01\bar{1}2)$-$(1\bar{1}02)$	78.27	78.31
$(01\bar{1}\bar{1})$-$(01\bar{1}1)$	49.55	50. 6
$(01\bar{1}2)$-$(01\bar{1}1)$	17.55	18. 1
$(05\bar{5}.16)$-$(5\bar{5}0.16)$	57.33	57.23

Ainsi que le tartrate de Rb, qui du reste présente des faces correspondantes, et que le tartrate de Cs, le sel dont nous venons de décrire la forme se rapproche beaucoup d'un rhomboèdre où l'on aurait : $a : c = 2\sqrt{2} : 3\sqrt{3} = 1 : 1,8371$.

Les cristaux les plus petits, et ceux qui se développent rapidement, présentent, en général, les faces du rhomboèdre $\{10\bar{1}1\}$; dans la suite de leur croissance, ils font prédominer le rhomboèdre $\{1\bar{1}02\}$. Nous n'avons constaté aucun clivage.

e. Propriétés optiques. — Les cristaux sont uniaxes positifs,

(1) Les angles inscrits sur ce Tableau, ainsi que tous ceux qui seront cités dans la suite du présent travail, sont les angles des normales aux faces.

et doués du pouvoir rotatoire gauche, comme ceux du *d*-tartrate de Rb.

1° *Indices de réfraction.* — La méthode de la réflexion totale n'est pas applicable. Nous nous sommes servi d'un prisme, dont l'arête était très sensiblement parallèle à l'axe optique; ses faces étaient recouvertes de lamelles de verre; l'angle dièdre avait pour valeur 30°8′. A la température de 18°,5 nous avons obtenu les résultats ci-après :

Raies du spectre.	Déviations.	Indices.	Biréfringence.
Li.....	24°15′45″ 25.41. 0	$N_o = 1,7583$ $N_e = 1,8006$	0,0423
Na.....	24.34.30 26. 3. 0	$N_o = 1,7677$ $N_e = 1,8115$	0,0438
Tl.....	24.52. 0 26.24. 0	$N_o = 1,7763$ $N_e = 1,8218$	0,0455

2° *Pouvoir rotatoire.* — En ce qui concerne la lumière jaune, les mesures ont été faites à l'aide de trois lames, en employant le polarimètre de Laurent; pour la lame la plus épaisse, on s'est aussi servi d'un spectroscope. Les résultats ont été les suivants :

Epaisseur des lames.		Déviation.	Pouvoir rotatoire.	Température.
$2^{mm},905$	au spectroscope...	125°,5	—43°,2	$t = 25°$
	au polarimètre....	125°,2		
$1^{mm},80$		78°,0	—43°,3	$t = 23°$
$0^{mm},92$		40°,0	—43°,5	$t = 23°$

Pour les autres raies du spectre, les mesures ont été exécutées au spectroscope, en utilisant uniquement la lame la plus épaisse. Les autres lames donnaient, en effet, par cette méthode, des franges noires trop floues. La température était de 25°.

Longueurs d'onde.	Déviations.	Pouvoirs rotatoires
644$^{\mu\mu}$ (Cd, rouge)	99°,5	—34°,2
535 (Tl, vert)	160,0	—55,0
569 (Cd, vert)	185,0	—63,5
480 (Cd, bleu)	215,5	—74,0
472 (Zn, bleu)	225,5	—77,6

Ce pouvoir rotatoire, sensiblement égal pour le jaune au double de celui du quartz (21°,72), décroît plus vite vers le rouge et croît plus vite vers le violet.

L'existence de deux corps comme les tartrates de Rb et de Tl, qui sont isomorphes, et qui tous deux possèdent le pouvoir rotatoire à l'état cristallisé et à l'état dissous, semble permettre de résoudre la question de savoir s'il existe un rapport fixe entre le pouvoir rotatoire d'un corps cristallisé et celui de sa dissolution. D'après les nombres suivants, la réponse serait négative :

	Rubidium.	Thallium.
Etat cristallisé (épaisseur : 1^{mm})..	—10°,24 (1)	—43°,3
Etat dissous ($t = 20°$)	+25°,628 (2)	+4°,758 (3)

On peut, il est vrai, objecter que le tartrate de Tl est capable de cristalliser de deux façons, anhydre ou hydraté, et que dans chacun de ces états il est dimorphe; de sorte que nous ignorons à laquelle des quatre formes possibles correspond la dissolution dont nous mesurons le pouvoir rotatoire. Sans contester la valeur de cette objection, on doit observer qu'elle détruit, au moins provisoirement, jusqu'à la possibilité de résoudre la question posée, parce qu'on ne saurait démontrer qu'un corps, connu jusqu'à présent sous une

(1) Traube, *Loco citato.*
(2) Rimbach, *Zeitschr. für ph. Chemie*, t. XVI, 1895, p. 671.
(3) Long, *Amer. Journ. of Science*, 3e série, t. XXXVIII, p. 266.

seule forme, n'est pas capable d'en prendre d'autres, et qu'on ne sait pas actuellement distinguer si l'état d'une substance dissoute correspond à tel ou tel de ses états cristallins possibles (1).

f. Rapports avec les autres tartrates alcalins. — L'isomorphisme des tartrates ternaires de Tl et de Rb, qui ressort déjà de leurs formes, est confirmé par la propriété qu'ils possèdent de cristalliser ensemble. Une solution mixte, amorcée par le tartrate de Tl, a donné des cristaux contenant 66,48 pour 100 de Tl, alors que le tartrate pur de ce métal en renferme 73,38 pour 100 (2). Mais il a été impossible d'amorcer le tartrate de K et celui de NH^4, même en solutions très concentrées, à l'aide de la forme ternaire, quoique dans une solution contenant à la fois le tartrate de K et celui de Tl nous ayons recueilli des cristaux ternaires qui renfermaient moins de Tl que la quantité théorique (3).

Tartrate de plomb. — La ressemblance qui existe, dans plu-

---

(1) On sait que le pouvoir rotatoire d'une solution de tartrate de Tl a été déterminé, avec une extrême précision, par M. Long. Nous avons cherché à répéter sa détermination en nous servant de tartrate hydraté parfaitement pur, dissous dans l'eau sans élévation de température. Nous pensions que peut-être l'état du sel, dans la dissolution, se modifierait graduellement, et que nous observerions une variation du pouvoir rotatoire. Mais il n'en a pas été ainsi. Nous avons trié une certaine quantité de cristaux hydratés, rigoureusement exempts de sel anhydre; nous les avons dissous à 22°,5 et pris le pouvoir rotatoire aussitôt après, puis 4 heures plus tard (la valeur trouvée a été la même). La masse du sel dissous était de 8g,0622; la densité de la dissolution 1,1132, la longueur du tube 0m,5; la déviation observée a été de 1°,93, correspondant à un pouvoir rotatoire de 4°,30. A la température de 20°, M. Long trouve 4°,758. On ne peut guère attacher d'importance à un écart aussi faible, étant donnée surtout la petitesse de la déviation observée.

(2) Masse du sel analysé : 0g,3271; TlI trouvé : 0g,3530.

(3) Masse du sel analysé : 0g,2620; TlI calculé, dans l'hypothèse du tartrate pur de Tl : 0g,3066 (soit 72,38 pour 100 de Tl); TlI trouvé : 0g,2920 (soit 68,75 pour 100 de Tl).

sieurs de leurs propriétés, entre le thallium et le plomb nous a fait supposer qu'il pouvait y avoir quelque analogie entre leurs tartrates. Le tartrate de plomb est, comme on sait, très peu soluble dans l'eau; grâce à l'obligeance et à la grande habileté de M. DE SCHULTEN, à qui nous sommes heureux d'exprimer notre reconnaissance, nous avons eu entre les mains des cristaux mesurables de ce sel. Il est anhydre(1), appartient au système terbinaire, et se rapproche, non pas du système ternaire, mais de la symétrie quaternaire. On observe sur les cristaux l'hémiédrie habituelle aux tartrates. Ses caractères cristallographiques sont indiqués ci-après.

Système terbinaire.

$a : b : c = 0,9429 : 1 : 0,9021.$

Faces.	Observé.	Mesuré.
(110)-(1$\bar{1}$0)	86°.38′*	fondamental
(101)-($\bar{1}$01)	87.28*	fondamental
(110)-(111)	37.23	37°.15′
(110)-(101)	59.50	59.48
(111)-(101)	33. 4	33. 2

II. — TARTRATES HYDRATÉS.

On ne connaissait jusqu'à présent, dans cette série, que deux sels, du type $2C^4H^4O^6M^2, H^2O$, l'un de potassium(2), l'autre de thallium (3), tous deux binaires. Le sel de Tl,

(1) Masse du sel analysé : 0g,6381; SO^4Pb trouvé : 0g,5441; SO^4Pb calculé pour $C^4H^4O^6Pb$: 0g,5443.

(2) DES CLOIZEAUX, *Ann. des Min.*, 5e série, t. XIV, 1858, p. 409.

(3) DES CLOIZEAUX, *in* RAMMELSBERG, *Handbuch der kr. Phys. Chemie*, t. II, 1882, p. 127.

dont nous désignerons la forme sous le nom de forme D, avait été considéré par RAMMELSBERG (1) comme isomorphe avec le sel de K ; et cet isomorphisme paraît d'autant moins contestable qu'il suffit de permuter les axes a et c de DES CLOIZEAUX, après avoir multiplié leurs paramètres respectivement par 2 et par 4, pour faire ressortir une analogie très satisfaisante, comme en témoigne le Tableau ci-après :

Tartrate de Tl (forme D)	Tartrate de K
$a : b : c = 2,960 : 1 : 3,822$	$a : b : c = 3,0869 : 1 : 3,970$
$\beta = 89°7'$	$\beta = 89°10'$
Clivage (001)	Clivages (001) et (100)
Plan des axes optiques perpendiculaire à (010).	Plan des axes optiques perpendiculaire à (010).
Bissectrice aiguë faisant avec la normale à (001), dans l'angle (001)-($\bar{1}$00), un angle de 27°.	Bissectrice aiguë faisant avec la normale à (001), dans l'angle (001)-($\bar{1}$00), un angle de 21°.
2 E (rouge) = 86°.	2 E (rouge) = 102°.
$r < v$.	$r < v$.

Cependant les cristaux de ces deux corps ont des aspects très différents. Alors que dans la forme D on trouve constamment les quatre faces ($41\bar{2}$) bien développées, on ne rencontre pas ces faces dans le tartrate de K, qui est allongé suivant l'axe b ou aplati suivant (100). En outre, si, dans une solution en proportions équimoléculaires des tartrates de K et de Tl, on jette un fragment de cristal D, le sel qui se dépose, et qui a identiquement les propriétés de la forme D, est constitué par du tartrate de Tl pur (2).

On pouvait donc supposer qu'il existait une autre forme du

(1) RAMMELSBERG, *Ibidem*.

(2) Masse du sel analysé : $0^g,3117$; Tl I trouvé : $0^g,3638$; Tl I calculé, pour $2C^4H^4O^6Tl^2$, H^2O : $0^g,3647$.

tartrate de Tl, plus voisine du tartrate de K. Et, en effet, si l'on jette dans une solution très fortement concentrée de tartrate de Tl un petit cristal de tartrate de K, on obtient des cristaux tout différents de ceux de la forme D. C'est cette nouvelle forme que nous allons d'abord décrire; nous la désignerons sous le nom de forme M.

§ 1. — Propriétés de la forme M.

a. Préparation. — Cette forme s'obtient en amorçant une solution très concentrée de tartrate de Tl par du tartrate de K; elle se présente sous l'aspect de petits cristaux allongés, généralement groupés autour d'un point; il importe, lorsqu'on les recueille, de les sécher rapidement, et aussi complètement que possible, entre des feuilles de papier Joseph; car les eaux mères qu'ils entraînent pourraient se mettre à cristalliser elles-mêmes sous la forme D, qui est beaucoup moins soluble que la forme M, et l'on verrait alors tous les cristaux M qu'on aurait obtenus devenir opaques, et se changer en cristaux D microscopiques.

b. Composition chimique. — L'analyse concorde avec la formule

$$2\,C^4H^4O^6Tl^2,\ H^2O.$$

Masses de sel analysées :		
$2^g,1745$	Perte d'eau à 105°	trouvée : 0,0341 (1,57 pour 100) calculée : 0,0346 (1,59 pour 100)
$0^g,3612$	Tl I	trouvé : 0,4224 (72,14 pour 100 de Tl) calculé : 0,4226 (72,21 pour 100 de Tl)

c. Propriétés cristallographiques. — Elles sont résumées dans le Tableau ci-après. Comme on le verra, nous avons admis, pour les paramètres, des valeurs voisines de celles que Marignac a assignées au tartrate de potassium. Sans

doute, il ne semble pas que ces valeurs soient définitives; mais nous n'avons trouvé jusqu'ici aucune raison plausible d'en choisir d'autres.

Système terbinaire.

$a : b : c = 3,1056 : 1 : 3,9407.$

Faces.	Observé.	Calculé.
(001)-(100)	90°. 0′	90°. 0′
(001)-(10$\bar{1}$)	51.46*	fondamental
(100)-(311)	46.53*	fondamental
(001)-(311)	79.44	79°.39′
(10$\bar{1}$)-(311)	64.42	64.48
(311)-($\bar{3}$1$\bar{1}$)	89.43	89.56

d. Aspect des cristaux. — Tous les cristaux sont allongés suivant l'axe *b*; leur longueur n'excède pas 2 à 3 millimètres, ni leur largeur quelques dixièmes de millimètres; ils portent à l'une de leurs extrémités les faces (311), ($\bar{3}$1$\bar{1}$) et, quand ils ne sont pas interrompus, les faces ($\bar{3}\bar{1}$1), (3$\bar{1}\bar{1}$) à l'autre extrémité, montrant ainsi l'hémiédrie habituelle aux tartrates. Fait assez singulier, quoique l'angle (001)-(100) ait été mesuré égal à 90°0′, quoique les propriétés optiques soient celles d'un cristal terbinaire, nous n'avons pas aperçu la face (101) ni sa parallèle, alors que les faces (10$\bar{1}$), ($\bar{1}$01) étaient constamment présentes; on sait qu'en revanche, dans le tartrate de K, qui est binaire, les faces (101), (10$\bar{1}$) coexistent presque toujours et prennent des développements équivalents.

e. Propriétés optiques. — La petite dimension des cristaux

ne nous a pas permis de mesurer leurs indices de réfraction. Les autres propriétés optiques sont les suivantes :

Plan des axes optiques parallèle à (010).
Bissectrice aiguë perpendiculaire à (001).
Signe optique négatif.

Angle apparent des axes optiques dans l'air, à 20° : { rouge 70° / jaune (Na) 69° / bleu 66°

§ 2. — Isomorphisme des tartrates hydratés.

Il existe, on le voit, deux types tout à fait distincts de tartrates alcalins hydratés, possédant la même hydratation, et correspondant respectivement aux deux formes D et M du tartrate de thallium; ce sel se trouve ainsi, comme dans le cas des tartrates anhydres, réaliser les deux espèces possibles de cristaux.

Comme nous l'avons dit, le tartrate de K ne semble pas présenter de forme analogue à la forme D; il en est de même du tartrate de NH^4, que nous n'avons pu amener à cristalliser en l'amorçant avec la forme D. Mais, si dans une solution équimoléculaire des tartrates de Rb et de Tl on pratique le même amorçage, il se fait des cristaux semblables aux cristaux D, et qui renferment un peu moins de thallium que le tartrate pur de ce métal (1).

Quant à la forme M, elle est tout à fait générale; isomorphe avec la seule forme connue du tartrate de K, elle a aussi des analogues dans les tartrates de Rb et de NH^4. M. Traube avait déjà observé que, si l'on fait cristalliser une solution contenant une partie (en masse) de tartrate de K pour deux de tartrate de Rb, on obtient des cristaux mixtes qui ont l'hydra-

(1) Masse du sel analysé : 0g,3265. Masse de TlI trouvée : 0g,3697 correspondant à 69,85 pour 100 de Tl. Le tartrate pur contient 72,21 pour 100.

tation et l'aspect du sel de K[1]. Et il nous a été possible, en opérant sur les sels purs de Rb d'une part, de NH^4 de l'autre, d'amorcer leur cristallisation avec un petit fragment de sel de K, et de voir apparaître des cristaux semblables à ceux de la forme M. Malheureusement ces cristaux, aciculaires et extrêmement solubles, sont si instables qu'il n'a jamais été possible de les recueillir; le simple contact de la pince ou du papier buvard suffit à provoquer leur transformation en cristaux anhydres avec élimination d'eau; et cette transformation s'opère même spontanément dans la solution très concentrée qui leur a donné naissance.

Dans l'incapacité où nous nous trouvions de déterminer les propriétés cristallographiques des tartrates hydratés de Rb et de NH^4, il n'était pas très intéressant d'étudier les propriétés des mélanges de ces sels avec celui de K, puisque l'un des termes extrêmes de chaque série restait inconnu. Mais il n'en est pas de même pour les mélanges des tartrates de Tl et de K, qui vont nous occuper maintenant.

§ 3. — Propriétés des cristaux mixtes des tartrates hydratés de Tl (forme M) et de K.

La forme M du tartrate de Tl et la seule forme actuellement connue du tartrate de K ne satisfont pas complètement à la définition primitive de l'isomorphisme, puisque, si leurs compositions chimiques sont analogues et les angles de leurs faces très voisins, il n'en est pas moins vrai que la première est terbinaire et la seconde binaire. Or si, *a priori,* rien ne permet de refuser à deux corps de symétries différentes la faculté d'être isomorphes, et si, comme nous avons eu l'occasion de le rappeler plus haut, M. Wallerant a constaté sur des

(1) Traube, *Neues Jahrbuch, Beilage Band X,* 1896, p. 798.

mélanges fondus de nitrates un passage ininterrompu d'une forme uniaxe à une forme biaxe, il n'en est pas moins vrai qu'on n'avait pas encore obtenu une série de ce genre par cristallisation de deux corps dissous. Tout au contraire, il était arrivé à M. Wyrouboff, qui a observé, par fusion, sur les mélanges de SO^4K^2 et de SO^4Na^2, un passage continu de l'uniaxie à la biaxie, de trouver, au lieu d'un passage semblable, une sorte de combinaison en proportions définies lorsqu'il faisait cristalliser une dissolution aqueuse de ces deux sels. On pouvait donc se demander si les tartrates hydratés de Tl et de K cristalliseraient ensemble en toutes proportions, si les cristaux formés montreraient une variation graduelle dans leurs propriétés géométriques et optiques, et enfin si cette variation se présenterait comme une fonction linéaire de la composition chimique.

Pour être certain de ne laisser échapper aucun des stades du phénomène, nous avons cherché à ce que la proportion des sels composants ne changeât pas trop vite d'une cristallisation à l'autre; afin d'y arriver, nous avons préparé dix-sept échantillons différents de ces cristaux mixtes, la teneur pour cent en tartrate de Tl ayant passé de 98,7 dans le premier à 5,2 dans le dix-septième ; nous avons étudié, sur chaque échantillon, les propriétés cristallographiques et, autant qu'il a été loisible, les propriétés optiques. Le détail des mesures effectuées est indiqué dans des Tableaux placés plus loin ; qu'il nous soit permis dès à présent d'appeler l'attention sur les conséquences les plus nettes de cette étude.

Ces conséquences autorisent à affirmer, en réponse aux questions que nous nous étions posées, que les deux sels cristallisent ensemble en toutes proportions, sans qu'il paraisse se produire aucune combinaison en proportions définies; que les propriétés géométriques et optiques des cristaux varient d'une manière graduelle ; et qu'enfin cette variation,

loin de se présenter comme une fonction linéaire de la composition chimique, amène certains cristaux mixtes à posséder des propriétés qui ne sont pas comprises entre les propriétés des termes extrêmes de la série.

Mais, avant d'insister sur ces conclusions, il convient d'examiner rapidement, au point de vue cristallographique, puis au point de vue optique, les variations que nous avons constatées.

a. Propriétés cristallographiques. — Nous avons jugé utile, pour mieux permettre de saisir les transformations, de répartir les cristaux mixtes en cinq types; non pas que nous ayons constaté le passage brusque d'un type à l'autre, mais parce qu'il devient possible, par cet artifice, de faire ressortir de petits changements difficiles à discerner au milieu de la multitude des mesures. Il ne faut pas, en effet, se dissimuler que l'exactitude de ces mesures, par le fait des cristaux eux-mêmes, ne va pas au delà de quelques minutes, et que, pour apercevoir les modifications progressives des angles, il vaut mieux avoir recours à des moyennes. Ces moyennes constituent précisément les types dont nous parlons.

On trouvera ci-dessous les paramètres et les angles β pour chacun des cinq types, rangés suivant leurs teneurs décroissantes en tartrate de Tl. On verra que tous appartiennent au système binaire, quoique le tartrate de Tl, placé au commencement de la série, soit terbinaire.

Teneur pour 100 en tartrate de thallium des échant^ons extrêmes de chaque type.	Type cristallographique.	Paramètres		Angle β.
		a.	*c.*	
100	Tartrate de Tl (forme M)	3,1056	3,9407	90°0′
98,7 à 95,2	I	3,162	3,980	89°34′
93,7 à 84,3	II	3,1765	4,065	88°56′
75,0 à 69,0	III	3,100	4,000	88°36′
59,0 à 27,4	IV	3,077	3,990	88°44′
21,6 à 9,7	V	3,081	3,990	88°59′
5,2 à 0,0	Tartrate de K	3,087	3,970	89°10′

L'aspect des cristaux et les faces qu'ils présentent changent aussi d'une extrémité à l'autre de la série. Le tartrate de Tl est en prismes très fins allongés suivant l'axe *b* et terminés à l'un des bouts par les faces (311), $(\bar{3}1\bar{1})$, l'autre bout étant d'ordinaire mal formé, ou portant les faces $(\bar{3}\bar{1}1)$, $(3\bar{1}\bar{1})$. Les cristaux du type I et du type II ont le même faciès, si ce n'est qu'ils montrent en plus la face (101), et, dans quelques individus du type II, les facettes (115), $(\bar{1}1\bar{5})$. Le type III, toujours allongé suivant l'axe *b*, ne présente plus, ou ne présente qu'à l'état de très petites troncatures, les faces (311), $(\bar{3}1\bar{1})$; les faces (115), $(\bar{1}1\bar{5})$ n'y ont pas été rencontrées non plus; par contre, les cristaux sont tous terminés par les faces $(11\bar{1})$, $(\bar{1}11)$ très nettement développées. Enfin les types IV et V se rapprochent notablement du tartrate de potassium : les cristaux sont plus grands, et terminés par les faces (111), $(\bar{1}1\bar{1})$ [les faces $(11\bar{1})$, $(1\bar{1}1)$ ne se montrent plus]; on voit apparaître, insensiblement d'abord, la face (010), qui s'agrandit à mesure que la teneur en potassium augmente; enfin les individus sont fréquemment aplatis suivant (100).

Nous n'avons pas constaté de clivages dans le tartrate de Tl ni dans les cristaux mixtes très riches en Tl. Dans la suite de la série, ils ont apparu plus nettement [on sait que dans le tartrate de K ils se produisent suivant (100) et (001)]. Cependant il n'est pas impossible qu'ils aient lieu dans les cristaux mêmes où nous ne les avons pas aperçus, la petitesse des individus rendant l'observation assez malaisée.

b. Propriétés optiques. — Il n'a pas été possible, faute de cristaux assez volumineux, de mesurer les indices de réfraction. Mais nous avons pu déterminer chaque fois l'orientation de l'ellipsoïde optique, et mesurer d'ordinaire l'angle apparent des axes optiques.

Nous rappellerons d'abord les caractères des deux tartrates purs de Tl et de K :

Tartrate de Tl (forme M).	Tartrate de K.
Plan des axes parallèle à (010).	Plan des axes perpend^re à (010).
Bissectrice aiguë perpendiculaire à (001).	Bissectrice aiguë faisant avec la normale à (001), dans l'angle (001-$\bar{1}$00), un angle de 21° environ.
2 E (jaune) = 69°.	2 E (jaune) = 103°.
$r > v$.	$r < v$.
Signe optique négatif.	Signe optique négatif.

Le passage de l'un des types à l'autre ne se fait pas d'une manière aussi simple que l'on aurait pu le supposer. A mesure que la teneur des cristaux en Tl diminue, l'angle 2 E augmente d'abord, en même temps que la bissectrice aiguë s'incline vers la normale à ($\bar{1}$00) ; on arrive ainsi, pour une teneur en tartrate de Tl de 75 pour 100 environ (correspondant au type III), à un angle 2 E d'environ 84°, la bissectrice aiguë faisant avec la normale à (001) un angle de 11° (apparent). Puis, la proportion du tartrate de Tl diminuant encore, l'angle 2 E diminue à son tour, la bissectrice aiguë continuant à s'éloigner de la normale à (001). Pour une teneur en tartrate de Tl de 45 pour 100 environ (correspondant au type IV), les cristaux sont sensiblement uniaxes ; mais, la dispersion ($r > v$) ayant persisté pendant tous ces changements, il paraît bien que les deux axes optiques ne se confondent que successivement pour chaque radiation, et s'écartent aussitôt que la teneur en Tl diminue davantage, dans un plan perpendiculaire à leur plan primitif ; ainsi l'uniaxie ne se produit pas d'un seul coup pour tout le spectre, et la dispersion $r < v$ du tartrate de K succède tout naturellement à la dispersion $r > v$ du tartrate de Tl ; le signe optique, évidemment, n'a pas lieu de changer.

Il est fort difficile d'observer nettement le passage par l'uniaxie, à cause de la variation considérable que produisent, à ce moment critique, de faibles différences dans la composition centésimale; il n'est pas rare de trouver un même cristal, incontestablement unique par ses propriétés cristallographiques, et qui montre à l'une de ses extrémités les axes dans le plan (010), à l'autre extrémité les axes dans un plan perpendiculaire, et au milieu une croix noire fort peu disloquée, sans que la longueur d'un tel individu excède 3^{mm} ou 4^{mm}; la partie où les axes sont dans un plan perpendiculaire à (010) est aussi, comme il fallait s'y attendre, celle qui s'est formée la dernière, c'est-à-dire la plus riche en potassium.

Nous avons pu mesurer, avec une erreur possible de $\pm 20'$ environ, l'angle apparent de l'axe optique unique avec une normale à (001); nous avons également mesuré, par réflexion totale sur une face (100), l'indice de réfraction pour un plan d'incidence qui contenait cet axe. Nous avons calculé ainsi approximativement l'angle vrai de l'axe optique avec la normale à (001) : cet angle est de $12°55'$ (l'angle apparent étant de $20°55'$, et l'indice 1,610). Le calcul montre, d'autre part, qu'il pourrait exister une face $(\bar{1}06)$, faisant avec (001) un angle (des normales) égal à $12°14'$. Cette face, à laquelle l'axe optique serait sensiblement perpendiculaire, fait elle-même avec une face possible $(\bar{4}0\bar{1})$ un angle de $89°54'$. Quoique les faces (106) et $(\bar{4}0\bar{1})$ n'aient jamais été observées, on pourrait avoir l'idée de les choisir comme faces (001) et (100) d'une nouvelle orientation cristallographique, de manière à mettre en évidence le rôle d'axe quasi-binaire que joue, à ce moment, la direction de l'axe optique unique. On serait d'autant mieux tenté d'opérer ce changement, que l'angle $(\bar{1}06)$-$(\bar{4}0\bar{1})$ diffère moins d'un angle droit dans les cristaux uniaxes, où il vaut $89°54'$, que dans le tartrate de K, où il vaut $89°40'$, et dans celui de Tl, où il n'atteint que $89°12'$.

Cependant, nous ne nous sommes pas décidé pour cette orientation nouvelle. On ne saurait oublier, en effet, que le tartrate de Tl est terbinaire, que la direction de ses axes *a* et *c* est par là même fixée, et qu'en orientant différemment l'une des variétés cristallines qu'il fournit en se mélangeant au tartrate de K, on ne ferait que rendre plus difficile une vue d'ensemble sur la série que nous étudions.

A partir du moment où les axes optiques se sont écartés dans un plan perpendiculaire à (010), leur angle s'agrandit et leur bissectrice aiguë s'éloigne d'une normale à (001), en même temps que leur teneur en Tl diminue. La dispersion reste toujours $r < v$ et le signe optique négatif. Pour une proportion de tartrate de Tl égale à 5,2 pour 100, on a trouvé que la bissectrice aiguë était à 26° (angle apparent) de la normale à (001), et que l'angle 2 E, en lumière jaune, valait 91°.

Dans le Tableau suivant sont réunies les indications que nous venons de donner, et qui permettent de suivre, dans ses principales phases, la transformation des propriétés optiques.

Type cristallographique.	Tartrate de Tl pour 100.	2 E (jaune).	Angle apparent de la bissectrice aiguë avec la normale à (001).	Dispersion.
Tartrate de Tl...	100	69°	0°	$r > v$
III.....	75	84°	11°	$r > v$
IV.....	45	0°	20°55′ (angle vrai 12°55′)	$r \gtrless v$
Tartrate de K...	5,2	91°	26°	$r < v$
Tartrate de K...	0	103°	environ 33°40′ (angle vrai 21°20′)	$r < v$

De l'étude des propriétés cristallographiques comme de celle des propriétés optiques on peut tirer les conclusions suivantes :

I. Le tartrate terbinaire de Tl et le tartrate de K ne font pas partie d'un système isodimorphe, comme on le constate pour le sulfate terbinaire de zinc et le sulfate binaire de fer. En effet, chacun des deux sulfates possède une forme instable, de même symétrie que la forme stable de l'autre sulfate et isomorphe avec elle, de telle sorte qu'il existe deux séries de mélanges isomorphes. Au contraire les tartrates de Tl et de K ne fournissent qu'une seule série de cristaux mixtes, dont les propriétés passent graduellement de celles du tartrate terbinaire à celles du tartrate binaire, et ainsi ces deux sels, malgré la différence des symétries, sont isomorphes au sens le plus étroit du mot.

II. La transformation graduelle des propriétés dans les cristaux mixtes ne se fait pas de telle manière que ces propriétés soient toujours comprises entre celles des termes extrêmes de la série (comme c'est le cas pour les angles (110)-($\bar{1}$10) et (010)-(111) dans les mélanges, étudiés par M. Dufet [1], des sulfates de zinc et de magnésium); au contraire, aussi bien pour l'angle des axes optiques que pour les paramètres et pour les angles des faces entre elles, on trouve des valeurs qui ne sont pas intermédiaires entre celles qu'on mesure sur les tartrates purs de Tl et de K. Pareil fait avait d'ailleurs été constaté déjà pour l'angle des axes par M. Wallerant, à propos des feldspaths, et pour les paramètres par M. Groth, à propos du perchlorate et du permanganate de K [2]. Tout récemment enfin M. Stibing a trouvé des phénomènes analogues en étudiant les mélanges de sulfate et de chromate de K [3].

En résumé, les conclusions de nos observations sur les tartrates de Tl et de K peuvent s'énoncer ainsi:

---

(1) Dufet, *Bull. Soc. Min.*, t. XII, 1889, p. 22.
(2) Groth, *Dissertation*, Berlin, 1868.
(3) Stibing, *Zeitsch. f. Kryst.*, t. XLI, 1906, p. 611.

Il peut y avoir isomorphisme entre des corps cristallisés possédant des symétries différentes.

Dans un mélange isomorphe les propriétés cristallographiques et optiques des cristaux mixtes, tout en variant d'une manière graduelle, ne sont pas nécessairement comprises entre celles des corps mélangés.

§ 4. — Analyses et Mesures.

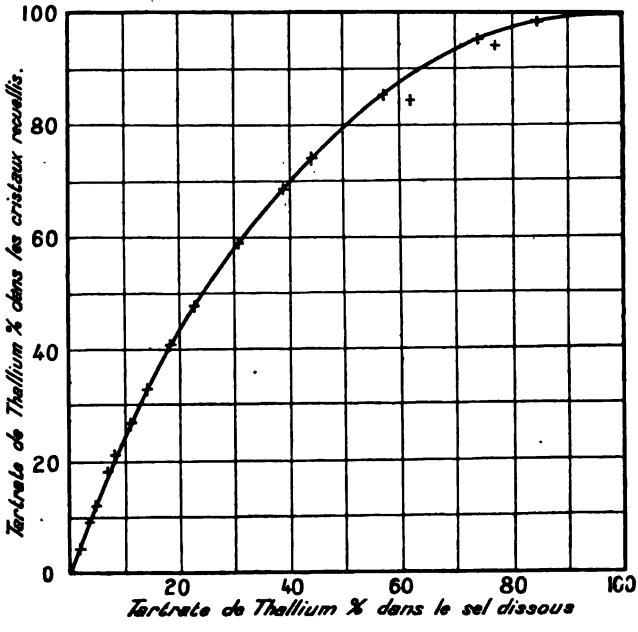
Nous transcrivons ci-après les analyses et les mesures qui ont été exécutées sur les dix-sept échantillons de mélanges isomorphes que nous avons examinés. Il est bon de signaler que les mesures ne font connaître que la moyenne des propriétés et les analyses la moyenne des compositions de chaque mélange. Si les formes géométriques ont été sensiblement constantes pour tous les cristaux étudiés dans une même préparation, si les propriétés optiques n'ont d'ordinaire que peu varié d'un individu à l'autre, tous ces individus n'ont pourtant jamais été absolument identiques; et, dans l'intérieur même d'un cristal de faibles dimensions, la composition centésimale n'est pas constante, comme on a pu s'en apercevoir au moment où il y avait quasi-uniaxie.

Nous avons indiqué, pour chaque préparation, la teneur de la solution en tartrate de Tl et en tartrate de K, ainsi que la teneur, en tartrate de Tl, du sel dissous et des cristaux recueillis. Toutes ces indications sont rapportées aux tartrates *hydratés*, tels que $2C^4H^4O^6Tl^2, H^2O$. Nous avons noté la température à laquelle la cristallisation s'est produite, sa durée, la masse totale du sel dissous, et, aussi exactement que possible, celle des cristaux recueillis.

La courbe ci-dessous résume les indications relatives à la composition du sel dissous et des cristaux recueillis. Parmi les nombres qui ont servi à l'établir, ceux qu'ont fournis

les quatre premières cristallisations sont assez discutables ; en effet, pour éviter l'apparition des autres formes du tartrate de Tl, nous avons dû, dans ces premières opérations, nous servir de solutions très concentrées, rapidement refroidies, et prolonger le moins possible la cristallisation. Dans

Fig. 1.



ces conditions, une forte sursaturation se produit, et la composition du sel recueilli peut n'être pas exactement ce qu'elle serait dans une cristallisation lente. Par la suite, la proportion de tartrate de K est devenue suffisante pour que les autres formes du tartrate de Tl n'aient plus menacé de se déposer, et nous avons pu procéder d'une manière moins précipitée.

Dans tous les cas la cristallisation a été amorcée par un fragment de tartrate de K.

Mélange I.

Masse totale du sel dissous : environ 20g.
Masse des cristaux recueillis : 2g.
Température : 15°. Durée de la cristallisation : 3 heures.

Analyse de la solution.

Masse de la solution analysée : 0g,5406.
Masse du sel desséché (anhydre) : 0g,3307. Masse de TlI : 0g,3349.
1g de solution contient 0g,5294 de tartrate de Tl et 0g,0942 de tartrate de K. — 1g de sel dissous contient 0g,8489 de tartrate de Tl.

Analyse des cristaux recueillis.

Masse des cristaux : 0g,9516. Masse de TlI : 1g,0992.
1g de cristaux contient 0g,9872 de tartrate de Tl.

Propriétés cristallographiques.

(Type I). — Système binaire. $a : b : c = 3,162 : 1 : 3,980$.
$\beta = 89°34'$.

Faces.	Observé.	Calculé.
(001)-(100)	89°.34′ *	fondamental
(001)-($\bar{1}$01)	51.52 *	fondamental
(001)-(311)	79.25	79°23′
(001)-($\bar{3}$1$\bar{1}$)	100.31	100°37′
(311)-($\bar{3}$1$\bar{1}$)	89.10	fondamental
(100)-(311)	47. 4	47°19′
(100)-($\bar{3}$1$\bar{1}$)	132.37	132°41′

Propriétés optiques.

Plan des axes optiques parallèle à (010).

Bissectrice aiguë faisant avec la normale à (001), dans l'angle (001)-($\bar{1}$00), un angle apparent de 8°30′. Signe optique négatif. $r > v$.

$$2E \left\{ \begin{array}{ll} \text{rouge} : & 77^\circ.50' \\ \text{jaune} : & 76.40 \\ \text{bleu} : & 72.40 \end{array} \right\} \text{à la température de } 17^\circ.$$

MÉLANGE II.

Masse totale du sel dissous : environ 20g.

Masse des cristaux recueillis : 1g,75.

Température : 11°. Durée de la cristallisation : 3 heures 30 minutes.

Analyse de la solution.

Masse de la solution analysée : 0g,8101.

Masse du sel desséché (anhydre) : 0g,5512. Masse de TlI : 0g,5094.

1g de solution contient 0g,5374 de tartrate de Tl et 0g,1576 de tartrate de K. — 1g du sel dissous contient 0g,7738 de tartrate de Tl.

Analyse des cristaux recueillis.

Masse des cristaux : 1g,0807. Masse de TlI : 1g,1850.

1g de cristaux contient 0g,9371 de tartrate de Tl.

Propriétés cristallographiques.

(Type II). — Système binaire. $a : b : c = 3,1765 : 1 : 4,065$.
$\beta = 88°56'$.

Faces.	Observé.	Calculé.
$(001)-(\bar{1}00)$	91°.4′ *	fondamental
$(001)-(101)$	51.13	51°24′
$(101)-(10\bar{1})$	104.7 *	fondamental
$(001)-(311)$	79.1	79°10′
$(001)-(\bar{3}1\bar{1})$	101.3	100°50′
$(311)-(\bar{3}1\bar{1})$	88.52 *	fondamental
$(\bar{1}00)-(311)$	132.33	132°40′
$(\bar{1}00)-(\bar{3}1\bar{1})$	47.11	47°20′
$(10\bar{1})-(311)$	64.51	64°59′

Propriétés optiques.

Plan des axes optiques parallèle à (010).

Bissectrice aiguë faisant avec la normale à (001), dans l'angle (001)-($\bar{1}$00), un angle apparent voisin de 8°. Signe optique négatif ; $r > v$.

$2E = 83°$ (jaune).

MÉLANGE III.

Masse totale du sel dissous : environ 20g.

Masse des cristaux recueillis : 1g,75.

Température : 13°. Durée de la cristallisation : 3 heures 30 minutes.

Analyse de la solution.

Masse de la solution analysée : 0g,9021.

Masse du sel desséché (anhydre) : 0g,6018. Masse de TlI : 0g,5343.

1g de solution contient 0g,5063 de tartrate de Tl et 0g,1756 de tartrate de K. — 1g du sel dissous contient 0g,7425 de tartrate de Tl.

Analyse des cristaux recueillis.

Masse des cristaux analysés : 1g,2103. Masse de Tl I : 1g,3488. 1g de cristaux contient 0g,9524 de tartrate de Tl.

Propriétés cristallographiques.

(Type I). — Système binaire. $a : b : c = 3,162 : 1 : 3,980$.
$\beta = 89° 34'$.

Faces.	Observé.	Calculé (Type I).
(001)-(100)	89°.40′	89°.34′ (fondamental)
(001)-($\bar{1}$01)	51.53	51.52
(001)-(101)	51.30	51.20
(311)-($\bar{3}$1$\bar{1}$)	89.8	89.10 (fondamental)
(100)-($\bar{3}$1$\bar{1}$)	132.58	132.41
(001)-(115)	39.50	39.50
(10$\bar{1}$)-(115)	71.6	71.9
(115)-($\bar{1}$1$\bar{5}$)	104.41	104.45

Propriétés optiques.

Plan des axes optiques parallèle à (010).

Bissectrice aiguë faisant avec la normale à (001), dans l'angle (001)-($\bar{1}$00), un angle apparent de 8° environ. Signe optique négatif ; $r > v$.

2E (jaune) = environ 80°.

MÉLANGE IV.

Masse totale du sel dissous : 26g,5.
Masse des cristaux recueillis : 2g,75.
Température 14°. Durée de la cristallisation : 4 heures.

Analyse de la solution.

Masse de la solution analysée : $0^g,8321$. Volume : $0^{cm^3},5$.

Masse du sel desséché (anhydre) : $0^g,5669$. Masse de TlI : $0^g,4226$.

1^g de solution contient $0^g,4340$ de tartrate de Tl et $0^g,2642$ de tartrate de K. — 1^g du sel dissous contient $0^g,6215$ de tartrate de Tl.

Analyse des cristaux recueillis.

Masse des cristaux analysés : $1^g,0272$. Masse de TlI : $1^g,0136$.

1^g de cristaux contient $0^g,8433$ de tartrate de Tl.

Propriétés cristallographiques.

(Type II). — Système binaire. $a : b : c = 3,1765 : 1 : 4,065$.
$\beta = 88^\circ 56'$.

Faces.	Observé.	Calculé (Type II).
(001)-(100)	88°.53′	88°.56′ (fondamental)
(001)-($\bar{1}$01)	52.38	52.43
(001)-(101)	51.16	51.24
(001)-($\bar{3}1\bar{1}$)	101.22	100.50
(311)-($\bar{3}1\bar{1}$)	90. 2	88.52 (fondamental)
(100)-($\bar{3}1\bar{1}$)	133. 1	132.40
(10$\bar{1}$)-($\bar{3}1\bar{1}$)	114.57	115. 1

Les faces {311} étaient très peu développées; dans les cristallisations qui suivent, elles n'apparaîtront plus.

Propriétés optiques.

Plan des axes optiques parallèle à (010).

Il n'a pas été possible de mesurer exactement l'angle apparent de la bissectrice aiguë [qui est dans l'angle (001)-($\bar{1}$00)] avec la normale à (001) (cet angle est

moindre de 10°), ni l'angle des axes. Signe optique négatif; $r > v$.

MÉLANGE V.

Masse totale du sel dissous : 24g.
Masse des cristaux recueillis : 2g,2.
Température : 15°,5. Durée de la cristallisation : 27 heures.

Analyse de la solution.

Masse de la solution analysée : 0g,8962. Volume : 0cm³,5.
Masse du sel desséché (anhydre) : 0g,5787. Masse de TlI : 0g,3987.
1g de solution contient 0g,3802 de tartrate de Tl et 0g,2823 de tartrate de K. — 1g du sel dissous contient 0g,5739 de tartrate de Tl.

Analyse des cristaux recueillis.

Masse des cristaux analysés : 1g,0016. Masse de TlI : 0g,9957.
1g de cristaux contient 0g,8496 de tartrate de Tl.

Propriétés cristallographiques.

(Type II). — Système binaire. $a : b : c = 3,1765 : 1 : 4,065$.
$\beta = 88°56'$.

Faces.	Observé.	Calculé (Type II).
(001)-(100)	88°.48′	88°.56′ (fondamental)
(001)-($\bar{1}$01)	52.43	52.43
(001)-(101)	51.26	51.24
(00$\bar{1}$)-($\bar{1}$11)	103.25	103.31
(100)-($\bar{1}$11)	106.46	106.46

Propriétés optiques.

Plan des axes optiques parallèle à (010).

Bissectrice aiguë faisant avec la normale à (001), dans l'angle (001)-(100), un angle apparent voisin de 10°. Signe optique négatif; $r > v$.

L'angle 2E (jaune) n'a pu être mesuré exactement. Il paraît voisin de 70°.

MÉLANGE VI.

Masse totale du sel dissous : 22g.

Masse des cristaux recueillis : 1g,25.

Température : 15°. Durée de la cristallisation : 27 heures.

Analyse de la solution.

Masse de la solution analysée : 0g,8450. Volume : 0cm³,5.

Masse du sel desséché (anhydre) : 0g,5336. Masse de TlI : 0g,2850.

1g de solution contient 0g,2882 de tartrate de Tl et 0g,3616 de tartrate de K. — 1g du sel dissous contient 0g,4436 de tartrate de Tl.

Analyse des cristaux recueillis.

Masse des cristaux analysés : 0g,7461. Masse de TlI : 0g,6551.

1g de cristaux contient 0g,7504 de tartrate de Tl.

Propriétés cristallographiques.

(Type III). — Système binaire. $a : b : c = 3,100 : 1 : 4,000$.
$\beta = 88°36'$.

Faces.	Observé.	Calculé (Type I).
(001)-(100)	88°.40′	88°.36′ (fondamental)
(001)-(101)	51.26	51.21

Faces.	Observé.	Calculé (Type I).
(001)-($\bar{1}$11)	76°.40	77°. 2
(11$\bar{1}$)-($\bar{1}$11)	43.55	43.56
($\bar{1}$00)-($\bar{1}$11)	72.58	72.56
(101)-(1$\bar{1}\bar{1}$)	84.40	84.39
($\bar{1}$01)-($\bar{1}$11)	67.56	68. 2 (fondamental)

Propriétés optiques.

Plan des axes optiques parallèle à (010).

Bissectrice aiguë faisant avec la normale à (001), dans l'angle (001)-($\bar{1}$00), un angle apparent de 12°. Signe optique négatif ; $r > v$.

2E (jaune) = 84°.

MÉLANGE VII.

Masse totale du sel dissous : 32g.
Masse des cristaux recueillis : 2g,25.
Température : 13°. Durée de la cristallisation : 18 heures.

Analyse de la solution.

Masse de la solution analysée : 1g,7220. Volume : 1cm³.
Masse du sel desséché (anhydre) : 1g,0939. Masse de TlI : 0g,5185.
1g de solution contient 0g,2573 de tartrate de Tl et 0g,3971 de tartrate de K. — 1g du sel dissous contient 0g,3932 de tartrate de Tl.

Analyse des cristaux recueillis.

Masse des cristaux analysés : 1g,8180. Masse de TlI : 1g,4692.
1g de cristaux contient 0g,6907 de tartrate de Tl.

Propriétés cristallographiques.

(Type III). — Système binaire. $a : b : c = 3,100 : 1 : 4,000$.
$\beta = 88°36'$.

Faces.	Observé.	Calculé.
(001)-(100)	88°.36'*	fondamental
(001)-($\bar{1}$01)	53. 6*	fondamental
(001)-($\bar{1}$11)	76.44	77° 2'
(11$\bar{1}$)-($\bar{1}$11)	44.14	43°56'
(100)-($\bar{1}$11)	72.59	72°56'
(10$\bar{1}$)-(1$\bar{1}\bar{1}$)	68. 2	fondamental

Propriétés optiques.

Plan des axes optiques parallèle à (010).

Bissectrice aiguë faisant avec la normale à (001), dans l'angle (001)-($\bar{1}$00), un angle apparent de 15°30'. Signe optique négatif ; $r > v$.

2E (jaune) = 71°30'.

MÉLANGE VIII.

Masse totale du sel dissous : 31g.
Masse des cristaux recueillis : 2g,5.
Température : 15°. Durée de la cristallisation : 20 heures.

Analyse de la solution.

Masse de la solution analysée : 1g,6168.

Masse du sel desséché (anhydre) : 1g,0201. Masse de TlI : 0g,3793.

1g de solution contient 0g,2005 de tartrate de Tl et 0g,4508 de tartrate de K. — 1g du sel dissous contient 0g,3078 de tartrate de Tl.

Analyse des cristaux recueillis.

Masse des cristaux analysés : $2^g,1710$. Masse de $Tl\bar{I}$: $1^g,4995$. 1^g de cristaux contient $0^g,5903$ de tartrate de Tl.

Propriétés cristallographiques.

(Type IV). — Système binaire. $a : b : c = 3,077 : 1 : 3,990$.
$\beta = 88°44'$.

Faces.	Observé.	Calculé (Type IV).
(001)-(100)	88°.42′	88°.44′ (fondamental)
(001)-($\bar{1}$01)	52.56	53. 9
(001)-(101)	51.30	51.34
(001)-(111)	75.58	76.13
(111)-($\bar{1}$1$\bar{1}$)	45. 4	45. 4 (fondamental)
(100)-(111)	72.12	72.13
(10$\bar{1}$)-(111)	84.24	84.25

Propriétés optiques.

Plan des axes optiques parallèle à (010).

Bissectrice aiguë faisant avec la normale à (001), dans l'angle (001)-($\bar{1}$00), un angle apparent de 19°15′. Signe optique négatif ; $r > v$.

$2E$ (jaune) $= 51°30'$.

MÉLANGE IX.

Masse totale du sel dissous : 28^g.
Masse des cristaux recueillis : $2^g,75$.
Température : 12°. Durée de la cristallisation : 16 heures.

Analyse de la solution.

Masse de la solution analysée : $1^g,5955$. Volume : 1^{cm^3}.

Masse du sel desséché (anhydre) : $1^g,0090$. Masse de TlI : $0^g,2897$.

1^g de solution contient $0^g,1552$ de tartrate de Tl et $0^g,4987$ de tartrate de K. — 1^g du sel dissous contient $0^g,2373$ de tartrate de Tl.

Analyse des cristaux recueillis.

Masse des cristaux analysés : $1^g,7895$. Masse de TlI : $1^g,0148$.

1^g de cristaux contient $0^g,4847$ de tartrate de Tl.

Propriétés cristallographiques.

(Type IV). — Système binaire. $a : b : c = 3,077 : 1 : 3,990$.
$\beta = 88°44'$.

Faces.	Observé.	Calculé (Type IV).
(001)-(100)	88°.50′	88°.44′ (fondamental)
(001)-($\bar{1}$01)	53. 0	53. 9
(001)-(101)	51.30	51.34
(001)-(111)	76.20	76.13
(100)-(111)	72.20	72.13
(101)-(111)	67.37	67.28

Propriétés optiques.

Plan des axes optiques parallèle à (010).

Bissectrice aiguë faisant avec une normale à (001), dans l'angle (001)-($\bar{1}$00), un angle apparent de 19°15′. Signe optique négatif. Dispersion inappréciable. L'un des axes optiques est presque perpendiculaire à la face (001).

2 E (jaune) = 41°50′.

MÉLANGE X.

Masse totale du sel dissous : 44^g.
Masse des cristaux recueillis : $4^g,5$.
Température : 13°. Durée de la cristallisation : 22 heures.

Analyse de la solution.

Masse de la solution analysée : $2^g,3746$. Volume : $1^{cm^3},5$.
Masse du sel desséché (anhydre) : $1^g,4762$. Masse de Tl I : $0^g,3281$.
1^g de solution contient $0^g,1181$ de tartrate de Tl et $0^g,5255$ de tartrate de K. — 1^g du sel dissous contient $0^g,1835$ de tartratre de Tl.

Analyse des cristaux recueillis.

Masse des cristaux analysés : $2^g,1420$. Masse de Tl I : $1^g,0287$.
1^g de cristaux contient $0^g,4104$ de tartrate de Tl.

Propriétés cristallographiques.

(Type IV). — Système binaire. $a : b : c = 3,077 : 1 : 3,990$.
$\beta = 88°44'$.

Faces.	Observé.	Calculé.
(001)-(100)	88°.44′*	fondamental
(001)-($\bar{1}$01)	53. 7	53°9′
(100)-(101)	37.10*	fondamental
(001)-($\bar{1}$1$\bar{1}$)	103.58	103°47′
(111)-($\bar{1}$1$\bar{1}$)	45. 4*	fondamental
(101)-(111)	67.32	67°28′

Propriétés optiques.

Certains individus ont présenté le plan des axes optiques parallèle à (010), avec 2E (jaune) atteignant 37° et $r > v$; d'autres avaient le plan des axes optiques perpendiculaire

à (010), avec 2E (jaune) voisin de 20° et $r < v$. Quelques-uns montraient une croix noire assez nette. Dans tous les cas, l'angle (apparent) de la bissectrice aiguë ou de l'axe optique unique [toujours situés dans l'angle (001)-($\bar{1}$00)], avec la normale à (001), était de 21° (la meilleure mesure a donné 20°55′), et le signe optique négatif.

MÉLANGE XI.

Masse totale du sel dissous : 63g.

Masse des cristaux recueillis : 0g,90.

Température : 12°. Durée de la cristallisation : 16 heures.

Analyse de la solution.

Masse de la solution analysée : 2g,2124. Volume : 1cm³,5.

Masse du sel desséché (anhydre) : 1g,2433. Masse de Tl I : 0g,2153.

1g de solution contient 0g,0832 de tartrate de Tl et 0g,4991 de tartrate de K. — 1g de sel dissous contient 0g,1429 de tartrate de Tl.

Analyse des cristaux recueillis.

Masse des cristaux analysés : 0g,8056. Masse de Tl I : 0g,3079.

1g de cristaux contient 0g,3342 de tartrate de Tl.

Propriétés cristallographiques.

(Type IV). — Système binaire. $a : b : c = 3,077 : 1 : 3,990$.
$\beta = 88°44'$.

Faces.	Observé.	Calculé (Type IV).
(001)-(100)	88°.49′	88°.44′ (fondamental)
(001)-($\bar{1}$01)	53. 3	53. 9
(001)-(101)	51.36	51.34
(100)-(101)	37.13	37.10 (fondamental)
(001)-(111)	76. 9	76.13
(111)-($\bar{1}\bar{1}\bar{1}$)	45. 4	45. 4 (fondamental)

Propriétés optiques.

Dans tous les cristaux examinés, le plan des axes optiques était perpendiculaire à (010). La bissectrice aiguë, située dans l'angle (001)-($\bar{1}$00), fait, d'après une bonne mesure, un angle apparent de 24° 10′ avec la normale à (001) et

$$2\,E\,(\text{jaune}) = 44°40';$$

mais ces valeurs changent un peu d'un individu à l'autre. Signe optique négatif. Dispersion à peine sensible ($r < v$).

MÉLANGE XII.

Masse totale du sel dissous : 43g.
Masse des cristaux recueillis : 4g,5.
Température : 12°,5. Durée de la cristallisation : 22 heures.

Analyse de la solution.

Masse de la solution analysée : 3g,0267. Volume : 2cm³.
Masse du sel desséché (anhydre) : 1g,8568. Masse de TlI : 0g,2514.
1g de solution contient 0g,0710 de tartrate de Tl et 0g,5652 de tartrate de K. — 1g du sel dissous contient 0g,1116 de tartrate de Tl.

Analyse des cristaux recueillis.

Masse des cristaux analysés : 2g,6900. Masse de TlI : 0g,8611.
1g de cristaux contient 0g,2736 de tartrate de Tl.

Propriétés cristallographiques.

(Type IV). — Système binaire. $a : b : c = 3,077 : 1 : 3,990$.
$\beta = 88°44'$.

Faces.	Observé.	Calculé (Type IV).
(001)-($\bar{1}$00)	91°.13′	91°.16′
(100)-(101)	37.16	37.10 (fondamental)
(100)-(10$\bar{1}$)	38.10	38. 7
(001)-(111)	76.26	76.13
(100)-(111)	72.11	72.13
(101)-(111)	68.23	68.28
($\bar{1}$01)-(111)	95.31	95.35

Propriétés optiques.

Plan des axes optiques perpendiculaire à (010).

La bissectrice aiguë est située dans l'angle (001)-($\bar{1}$00). Son angle avec la normale à (001), ainsi que l'angle des axes, varient un peu d'un individu à l'autre. On a mesuré pour le premier de ces angles (apparent) : 24°45′ et pour le second :

$$2E \text{ (jaune)} = 52°30'.$$

Signe optique négatif. Dispersion très faible ; $r < v$.

MÉLANGE XIII.

Masse totale du sel dissous : 43g.
Masse des cristaux recueillis : 2g,5.
Température : 13°. Durée de la cristallisation : 23 heures.

Analyse de la solution.

Masse de la solution analysée : 2g,9860. Volume : 2cm³.
Masse du sel desséché (anhydre) : 1g,8193. Masse de TlI : 0g,1822.

1^g de solution contient $0^g,0521$ de tartrate de Tl et $0^g,5801$ de tartrate de K. 1^g du sel dissous contient $0^g,0825$ de tartrate de Tl.

Analyse des cristaux recueillis.

Masse des cristaux analysés : $1^g,9940$. Masse de TlI : $0^g,5036$. 1^g de cristaux contient $0^g,2158$ de tartrate de Tl.

Propriétés cristallographiques.

(Type V). — Système binaire. $a : b : c = 3,081 : 1 : 3,990$.
$\beta = 88°59'$.

Faces.	Observé.	Calculé (Type V).
(001)-(100)	88°.58′	88°.59′ (fondamental)
(001)-($\bar{1}$01)	52.47	52.58 (fondamental)
(001)-(101)	51.32	51.41,5
(101)-(10$\bar{1}$)	75. 7	75.18,5
(001)-(111)	76.24	76.17,5
(100)-(111)	72. 7	72.18
(101)-(111)	67.24	67.31,5

Propriétés optiques.

Plan des axes optiques perpendiculaire à (010).

Bissectrice aiguë faisant avec la normale à (001), dans l'angle (001)-($\bar{1}$00), un angle apparent de 25° 45′. Signe optique négatif. Dispersion sensible; $r < v$.

2 E (jaune) = 62°.

MÉLANGE XIV.

Masse totale du sel dissous : 46^g.

Masse des cristaux recueillis : $1^g,1$.

Température : 14°, 5. Durée de la cristallisation : 68 heures.

Analyse de la solution.

Masse de la solution analysée : $3^g,5668$. Volume : $2^{cm^3},5$. Masse du sel desséché (anhydre) : $2^g,1217$. Masse de TlI : $0^g,1729$.

1^g de solution contient $0^g,0414$ de tartrate de Tl et $0^g,5760$ de tartrate de K. 1^g du sel dissous contient $0^g,0671$ de tartrate de Tl.

Analyse des cristaux recueillis.

Masse des cristaux analysés : $0^g,8038$. Masse de TlI : $0^g,1766$.

1^g de cristaux contient $0^g,1878$ de tartrate de Tl.

Propriétés cristallographiques.

(Type V). — Système binaire. $a : b : c = 3,081 : 1 : 3.990$.
$\beta = 88^\circ,59'$.

Faces.	Observé.	Calculé.
(001)-(100)	88°.59'*	fondamental
(001)-($\bar{1}$01)	52.58*	fondamental
(001)-(101)	51.45	51.41,5
(001)-(111)	76.13	76.17,5
(100)-(111)	72.24	72.18
(10$\bar{1}$)-(111)	84.27*	fondamental
(101)-(111)	67.32	67.31,5

Propriétés optiques.

Plan des axes optiques perpendiculaire à (010).

Bissectrice aiguë faisant avec la normale à (001), dans l'angle (001)-($\bar{1}$00), un angle apparent de 26°45'. Signe optique négatif. Dispersion très marquée ; $r < v$.

$2E$ (jaune) $= 78^\circ$.

MÉLANGE XV.

Masse totale du sel dissous : 46^g.

Masse des cristaux recueillis : $3^g,9$.

Température : $15^\circ,5$. Durée de la cristallisation : 21 heures.

Analyse de la solution.

Masse de la solution analysée : $4^g,4108$. Volume : 3^{cm^3}.

Masse du sel desséché (anhydre) : $2^g,6915$. Masse de TlI : $0^g,1674$.

1^g de solution contient $0^g,0324$ de tartrate de Tl et $0^g,6012$ de tartrate de K. 1^g du sel dissous contient $0^g,0512$ de tartrate de Tl.

Analyse des cristaux recueillis.

Masse des cristaux analysés : $2^g,3030$. Masse de TlI : $0^g,3407$.

1^g de cristaux contient $0^g,1264$ de tartrate de Tl.

Propriétés cristallographiques.

(Type V). — Système binaire. $a : b : c = 3,081 : 1 : 3,990$.
$\beta = 88^\circ,59$.

Faces.	Observé.	Calculé (Type V).
(001)-(100)	89°. 0′	88°.59′ (fondamental)
(001)-($\bar{1}$01)	53. 0	52.58 (fondamental)
(001)-(101)	51.42	51.41,5
(100)-($\bar{1}$01)	38. 7	38. 3
(100)-(111)	72.12	72.17,5
(101)-(111)	67.29	67.31,5

Propriétés optiques.

Plan des axes optiques perpendiculaire à (010).

Bissectrice aiguë faisant avec la normale à (001), dans

l'angle (001)-($\bar{1}$00), un angle apparent de 26°30′ (cet angle change un peu d'un individu à l'autre). Signe optique négatif. Dispersion très marquée ; $r < v$.

$$2E \text{ (jaune)} = 81°30'.$$

MÉLANGE XVI.

Masse totale du sel dissous : 64g.

Masse des cristaux recueillis : 7g,6.

Température : 12°. Durée de la cristallisation : 29 heures.

Analyse de la solution.

Masse de solution analysée : 4g,4815. Volume : 3cm³.

Masse du sel desséché (anhydre) : 2g,7478. Masse de TlI : 0g,1134.

1g de solution contient 0g,0216 de tartrate de Tl et 0g,6153 de tartrate de K. 1g du sel dissous contient 0g,0339 de tartrate de Tl.

Analyse des cristaux recueillis.

Masse des cristaux analysés : 5g,8709. Masse de TlI : 0g,5708.

1g de cristaux contient 0g,0972 de tartrate de Tl.

Propriétés cristallographiques.

(Type V). — Système binaire. $a : b : c = 3,801 : 1 : 3,990$.

$\beta = 88°59'$.

Faces.	Observé.	Calculé (Type V).
(001)-(100)	89°. 4′	88°.59′ (fondamental)
(001)-($\bar{1}$01)	52.56	52.58 (fondamental)
(001)-(101)	51.46	51.41,5
(100)-(101)	37.21	37.17,5
(111)-($\bar{1}$1$\bar{1}$)	45. 3	44.57
(100)-(111)	72.12	72.17,5
(101)-(111)	67.27	67.31,5

Propriétés optiques.

Plan des axes optiques perpendiculaire à (010).

Bissectrice aiguë faisant avec la normale à (001), dans l'angle $(00\bar{1})$-(100), un angle apparent de 26°30′ (valeur qui change un peu d'un individu à l'autre). Signe optique négatif; $r < v$.

$$2E\,(\text{jaune}) = 86°.$$

MÉLANGE XVII.

Masse totale du sel dissous : 72g.

Masse des cristaux recueillis : 3g,5.

Température : 13°. Durée de la cristallisation : 21 heures.

Analyse de la solution.

Masse de solution analysée : 4g,3952. Volume : 3cm³.

Masse du sel desséché (anhydre) : 2g,6642. Masse de TlI : 0g,0677.

1g de solution contient 0g,0132 de tartrate de Tl et 0g,6167 de tartrate de K. 1g du sel dissous contient 0g,0209 de tartrate de Tl.

Analyse des cristaux recueillis.

Masse des cristaux analysés : 2g,7315. Masse de TlI : 0g,1676.

1g de cristaux contient 0g,0524 de tartrate de Tl.

Propriétés cristallographiques.

(Type : tartrate de K). — Système binaire.

$a : b : c = 3{,}087 : 1 : 3{,}970$. — $\beta = 89°10'$.

Faces.	Observé.	Calculé (tartrate de K).
$(00\bar{1})$-(100)	90°.50′	90°.50′
(100)-(101)	37.20	37.25

Faces.	Observé.	Calculé (tartrate de K).
(100)-(10$\bar{1}$)	38°. 9′	38°. 3′
(001)-(111)	76. 14	76. 6
(100)-(111)	72. 6	72. 15
(101)-(111)	67. 26	67. 26
(111)-($\bar{1}$1$\bar{1}$)	45. 8	45. 8

Propriétés optiques.

Plan des axes optiques perpendiculaire à (010).

Bissectrice aiguë faisant, avec la normale à (001), dans l'angle (00$\bar{1}$)-(100), un angle apparent de 26° environ. Dispersion bien marquée ; $r < v$. Signe optique négatif.

$$2E \text{ (jaune)} = 91°.$$

Chlorate et nitrate de potassium.

En étudiant les mélanges de chlorate et de nitrate de potassium, nous nous sommes proposé de résoudre la question suivante :

Si un corps A est, sous sa forme stable, isomorphe avec la forme instable d'un corps B, existe-t-il nécessairement une autre forme de A isomorphe avec la forme stable de B ?

Il faut avouer qu'à première vue on n'aperçoit pas pour quelle raison il devrait nécessairement en être toujours ainsi ; cependant, comme il se trouve que dans tous les cas signalés jusqu'à présent cette condition a été remplie, il y a quelque intérêt à se demander si réellement c'est là une règle générale.

Le nitrate de potassium présente, on le sait, deux formes : l'une (1) stable à la température ordinaire, terbinaire ; l'autre (2) stable seulement à partir de 126°, ternaire, et qu'on peut voir apparaître momentanément quand on évapore une goutte de solution sur une lame de verre; dans cette dernière forme, qui n'a jamais pu être mesurée au goniomètre, l'angle plan du rhomboèdre est de 102° 30′ et par suite l'angle des normales aux faces, sur une arête culminante, est de 73° 30′ environ.

Le chlorate de potassium est connu sous une seule forme, binaire, très voisine de la symétrie ternaire (3), puisque l'on a entre les faces dominantes les angles

$$001\text{-}\bar{1}11 = 74^\circ 25', \qquad \bar{1}11\text{-}11\bar{1} = 75^\circ 38',$$

(1) Miller, *Pogg. Ann.*, t. L, p. 376.
(2) Rammelsberg, *Handbuch der Kr. Phys. Chemie*, t. I, 1881, p. 346.
(3) Rammelsberg, *Ibidem*, p. 310.

les propriétés optiques étant bien celles d'un cristal quasi-ternaire. L'isomorphisme de cette forme stable avec la forme instable du nitrate a été signalé par MALLARD [1].

Il s'agissait de savoir si le chlorate présentait une forme instable isomorphe avec la forme stable du nitrate; et, à supposer qu'on ne pût isoler une telle forme, il s'agissait de voir si, à côté de la série de cristaux mixtes quasi-ternaires indiquée par MALLARD, il ne se formait pas une série différente, ayant la forme du nitrate terbinaire.

En même temps, nous espérions pouvoir suivre, sur les cristaux mixtes quasi-ternaires, le passage graduel de la forme binaire du chlorate à la forme véritablement ternaire du nitrate, et observer ainsi un second exemple de transition continue entre deux symétries différentes.

Mais les résultats ont été tout autres qu'on pouvait s'y attendre.

D'une part, en effet, nous n'avons obtenu qu'une série de mélanges isomorphes, la série quasi-ternaire. Dans certaines conditions, il se dépose pêle-mêle des cristaux terbinaires, ayant identiquement la forme du nitrate, et *ne contenant pas trace de chlorate*. On en peut conclure à bon droit que

---

[1] Voici dans quels termes MALLARD rend compte de ses observations à ce sujet (*Bull. Soc. Min.*, t. VII, 1884, p. 356) :

« En soumettant à l'évaporation lente une dissolution saturée pour chacun des deux sels, chlorate et azotate de potasse, j'ai obtenu d'abord des cristaux formés de pseudo-rhomboèdres très aplatis, souvent maclés parallèlement à la grande face, ressemblant beaucoup aux cristaux de chlorate de potasse, ayant sensiblement les mêmes angles et les mêmes propriétés optiques. Ces cristaux, parfaitement homogènes, contenaient 15 pour 100 d'azotate de potasse.

» L'eau mère des précédents cristaux a donné, par une nouvelle évaporation, des cristaux d'aspect à peu près identique, mais contenant 25 pour 100 d'azotate.

» L'évaporation totale de la liqueur a abandonné des cristaux rhomboédriques, puis enfin des cristaux ayant la forme de l'azotate de potasse. »

le chlorate ne possède pas de forme isomorphe avec la forme terbinaire du nitrate.

D'autre part, dans la série des cristaux mixtes quasi-ternaires, nous n'avons jamais observé de cristaux véritablement ternaires, ni à 16°, ni à 50°, 68° ou 80°. On réussirait sans doute mieux si l'on pouvait opérer à 126°, température où la forme ternaire est stable. A la température de 16°, les cristaux les plus riches en nitrate que nous ayons trouvés en renfermaient seulement 35 pour 100; ces cristaux étaient binaires, et *plus éloignés d'un rhomboèdre parfait que les cristaux de chlorate pur.*

Il importe de revenir avec un peu plus de détails sur chacun de ces points.

a. Cristallisation du nitrate pur. — En faisant cristalliser à 16° une solution qui contenait 150^{g} de nitrate et $22^{g},5$ de chlorate, nous avons vu se déposer des cristaux de deux formes différentes : les uns, en très petite quantité (sur 3^{g} de cristaux recueillis il ne s'en trouvait guère que 70^{mg}), étaient des cristaux mixtes quasi-ternaires, renfermant 65 pour 100 de chlorate; les autres présentaient exactement les angles et les propriétés optiques de la forme terbinaire du nitrate, et l'analyse a montré qu'ils ne contenaient pas de chlore. En opérant avec une dissolution encore plus riche en nitrate, on obtient uniquement ces cristaux terbinaires, qui naturellement ne contiennent pas davantage de chlorate. Toutefois il peut arriver que ces prismes de nitrate, qui sont souvent creux, emprisonnent de petites quantités d'eaux mères et fournissent à l'analyse des traces de chlore; mais on évite aisément cet inconvénient en triant des cristaux exempts d'inclusions.

b. Cristaux quasi-ternaires. — Comme le chlorate pur, ces cristaux présentent les faces {001} et {$\bar{1}$11}, et présentent même uniquement celles-là; il existe un clivage très facile suivant chacune d'elles, et une macle très fréquente symé-

triquement à (001). Les propriétés optiques sont très sensiblement celles du chlorate pur : plan des axes optiques perpendiculaire à (010) [1], bissectrice aiguë voisine de l'axe quasi-ternaire, signe optique négatif, angle 2E voisin de 30°. Jusqu'à une teneur de 25 pour 100 environ en nitrate, les angles des faces ont sensiblement la valeur qu'ils présentent dans le chlorate pur; mais, quand la teneur en nitrate devient plus élevée, l'angle (001)-($\bar{1}$11) passe de 74°25′ à 73°30′ environ tandis que l'angle ($\bar{1}$11)-(11$\bar{1}$) passe de 75°38′ à 77°30′. Le Tableau suivant reproduit quelques-unes des mesures effectuées :

Faces.	ClO^3K pur.	Cristaux contenant en NO^3K pour 100				NO^3K pur.
		21,0.	25,75.	27.	35.	
(001)-($\bar{1}$11)	74°25′	74°11′	73°50′	73°39′	73°25′	73°30′
($\bar{1}$11)-(11$\bar{1}$)	75°38′	76° 7′	76°10′	76°27′	77°30′	73°30′

Comme on le voit, l'angle (001)-($\bar{1}$11) passe bien progressivement de la valeur qu'il a dans le chlorate à celle qu'il doit avoir dans le nitrate; mais l'angle ($\bar{1}$11)-(11$\bar{1}$), déjà plus grand dans le chlorate que l'angle correspondant du nitrate, grandit encore au lieu de décroître comme on aurait pu s'y attendre.

Cette particularité, qui rappelle ce que nous avons constaté dans les mélanges de tartrates de thallium et de potassium, et qui est également à rapprocher des autres observations analogues que nous avons citées à ce propos, montre simplement une fois de plus que les angles, dans les cristaux mixtes, n'ont pas toujours des valeurs comprises entre celles des angles des types extrêmes de la série.

---

[1] Rammelsberg indique que le plan des axes optiques est parallèle à (010). Cette erreur a déjà été relevée par Mallard.

Quant à l'absence d'une seconde série de mélanges isomorphes et d'une seconde forme du chlorate, qui est démontrée par la cristallisation du nitrate à l'état pur, elle est à rapprocher aussi d'une observation faite à propos des tartrates. Nous avons, en effet, signalé plus haut que, si l'on amorçait avec la forme D du tartrate de thallium, une solution contenant à la fois les deux tartrates de thallium et de potassium, on obtenait des cristaux de tartrate de thallium complètement pur. Il paraît donc bien prouvé qu'un corps A peut être, sous l'une de ses formes, isomorphe avec un autre corps, sans que cet autre corps ait lui-même une seconde forme isomorphe avec la première forme de A. Ce résultat est contraire à celui auquel aurait conduit la généralisation du cas des sulfates de fer et de zinc, dont nous avons parlé plus haut. Mais il a, en dehors de cet intérêt théorique, une certaine utilité pratique : il permet, en effet, en amorçant une solution d'une manière convenable, ou en la faisant cristalliser dans des conditions voulues, d'isoler à l'état pur l'un des sels contenus dans un mélange.

c. Composition des solutions et des cristaux recueillis. — On a dosé le chlore, dans les cristaux, à l'aide du nitrate d'argent, après réduction par l'acide sulfureux [1]. Le Tableau ci-après rend compte des résultats obtenus ; la courbe qui le suit a été tracée en portant en abscisses le nombre des molécules de ClO^3K contenues dans 100 molécules du sel dissous, et en ordonnées le nombre correspondant dans les cristaux recueillis.

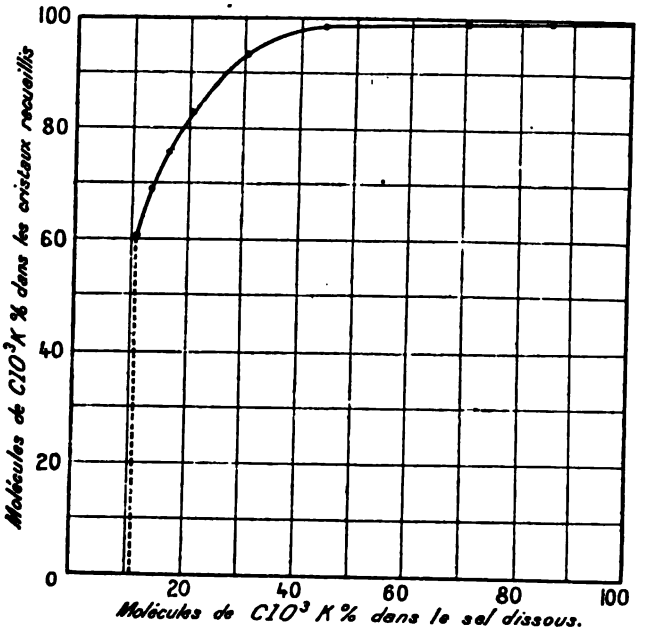
Toutes les cristallisations ont eu lieu à 16° ; il s'est déposé environ 2 pour 100 du sel dissous.

---

[1] Ce procédé, décrit par Rose (*Traité de Ch. anal., Analyse quantitative*, 1862, p. 810), est rapide et précis. Un dosage d'essai, exécuté sur 1g,0023 de chlorate, en présence de 1g,3594 d'azotate, a donné 1g,1717 de AgCl. La masse qu'on devait théoriquement obtenir était : 1g,1741.

Cristaux recueillis.			Sel dissous.
Masse analysée.	Ag Cl recueilli.	ClO^3K pour 100 (en masse).	ClO^3K pour 100 (en masse).
g	g		
0,0408	0,0311	65,0	13,0
1,9446	1,6627	73,0	16,6
2,3390	2,1647	79,0	20,0
1,6557	1,6460	84,9	25,0
0,9643	1,0712	94,8	35,0
0,9967	1,1504	98,5	50,0
1,6040	1,8557	98,8	75,0
0,5672	0,6597	99,3	90,0

Fig. 2.



Chlorure et bromure de baryum.

Lorsque l'on fait cristalliser une solution contenant à la fois du chlorure et du bromure de baryum, on peut obtenir, suivant la proportion des deux sels en présence, et suivant la concentration de la solution, trois espèces de cristaux, de composition $Ba(Cl^n, Br^p), 2H^2O$:

1. Des cristaux monocliniques, exactement semblables à ceux du chlorure de baryum, qu'a décrits M. Wyrouboff [1] et qu'a étudiés après lui M. Mügge [2] ;

2. Des cristaux également monocliniques, dont nous indiquerons plus loin les paramètres, et dont nous désignerons la forme sous le nom de « forme P » ;

3. Des cristaux encore monocliniques, exactement semblables à ceux du bromure de baryum, dont M. Mügge [3] et particulièrement M. Dufet [4] ont donné les constantes.

La richesse de ces cristaux en bromure de baryum va en augmentant du type 1 au type 3, sans qu'on paraisse se trouver jamais en présence d'un sel double à proportions définies.

Les angles des cristaux des types 1 et 3 ne subissent aucune transformation appréciable, quelle que soit la teneur des individus en chlore et en brome ; les cristaux de la forme P présentent, suivant qu'ils se déposent dans une solution riche en chlorure ou non, de petites différences, atteignant suivant les zones quelques minutes ou un degré ; mais il n'y a, en aucune façon, passage continu d'un type à un autre.

---

(1) *Bulletin de la Soc. fr. de Minéralogie*, t. IX, 1886, p. 262.
(2) Mügge, *Neues Jahrbuch*, t. I, 1888, p. 131.
(3) Mügge, *Neues Jahrbuch*, t. I, 1889, p. 130.
(4) *Bulletin de la Soc. fr. de Minéralogie*, t. XXVI, 1903, p. 65.

Enfin, quoique les trois types en question soient parfaitement distincts, on peut, à l'aide d'un individu appartenant à l'un d'eux, provoquer le dépôt d'individus appartenant à l'un des deux autres. C'est ainsi qu'une solution contenant très peu de chlorure fournira des cristaux du type 3 (bromure), soit qu'on l'amorce avec du bromure, avec la forme P, ou avec du chlorure. La manière dont la cristallisation se produit, lorsque le cristal-amorce n'est pas du même type que les cristaux qui prennent naissance, et les conclusions qu'on en peut tirer relativement à la parenté des divers types seront examinées plus loin.

Nous nous proposons, après avoir cherché à établir l'orientation correcte du chlorure de baryum, d'étudier les propriétés de la forme P, et d'essayer ensuite de déterminer l'orientation qui convient au bromure. Puis nous examinerons les relations qui existent entre les trois types cristallins; nos conclusions s'appuieront sur un fait d'observation, — le dépôt de cristaux P sur le chlorure, — et sur une hypothèse très vraisemblable, — le passage de la forme P au bromure. Enfin des Tableaux, placés à la suite du présent exposé, indiqueront la composition des dissolutions employées et des cristaux recueillis.

§ 1. — Chlorure de baryum.

Les constantes cristallographiques de ce corps, établies par M. Wyrouboff et admises sans modifications par M. Mügge, sont les suivantes :

Système binaire ; $\beta = 88^{\circ}55'$;
$a : b : c = 0,6176 : 1 : 0,6548.$

Il existe deux plans de macle à peu près rectangulaires, (100) et (001), et les macles suivant ces plans se produisent

avec la plus grande fréquence, tant au cours de la cristallisation que par action mécanique (Mügge). Les axes de l'ellipsoïde optique sont voisins des axes cristallographiques, la bissectrice aiguë faisant avec la normale à (100) un angle de 8°. Ces caractères semblent se rapporter à un cristal quasi-cubique, et en ce cas deux orientations paraissent pouvoir convenir.

Ou bien l'on prendra pour unité le paramètre de l'axe c et l'on obtiendra :

$$0,9436 : 1,5272 : 1,$$

ce qui, si l'on multiplie le premier paramètre par $\frac{3}{4}$ et le second par $\frac{2}{3}$, devient

$$0,7077 : 1,0144 : 1,$$

soit sensiblement

$$\frac{\sqrt{2}}{2} : 1 : 1 \quad \text{ou} \quad 1 : \sqrt{2} : \sqrt{2}.$$

Ou bien l'on multipliera par $\frac{3}{2}$ les paramètres a et c et l'on obtiendra

$$0,9274 : 1 : 0,9872,$$

rapports qui ne sont pas très éloignés de l'unité.

Mais deux objections rendent inadmissible chacune de ces orientations du chlorure de baryum suivant la symétrie du cube : d'abord, sa biréfringence est considérable (0,025 jaune ; 0,029 rouge, Des Cloizeaux); en second lieu les faces (100) et (001) ont des caractères très voisins, mais n'ont aucune analogie avec la face (010) : en effet (100) et (001) sont des plans de macle doués de propriétés identiques, les zones (001)-(010) et (100)-(010) ont le même nombre de faces et des angles analogues, et enfin les faces (100) et (001) ne se montrent jamais dans la cristallisation, alors que la face (010) est toujours dominante.

Aussi paraît-il plus expédient de rapprocher le chlorure de baryum de certains cristaux quaternaires, sa face (010) représentant la face (001) de ceux-ci, et ses plans (001) et (100) deux de leurs plans de symétrie. Comme dans aucune des espèces en question l'on n'a signalé des macles suivant un plan oblique sur l'axe quaternaire, il n'est pas possible d'établir avec certitude la valeur de leur paramètre. Cependant la présence presque constante d'une face située à 56°-57° de (001), et le fait que tang 56° 19′ = $\frac{3}{2}$, permettent de les comparer à un cristal-type où le rapport du paramètre c au paramètre a serait de $\frac{3}{2}$. Dans le chlorure de baryum, où nous devons prendre pour unité l'axe binaire, c'est-à-dire l'axe c des cristaux quaternaires correspondants, on aura environ

$$a : b : c = \tfrac{2}{3} : 1 : \tfrac{2}{3}.$$

Ce qui revient à conserver simplement la notation de M. Wyrouboff. Le Tableau suivant rapproche les valeurs des angles correspondants dans le chlorure de baryum et dans les cristaux quaternaires du même type :

Chlorure de baryum (notation de M. Wyrouboff).		Angles correspondants.			
Faces.	Angles.	Scheelite.	Idocrase.	Mélinose.	Phosgénite.
(010)-(011)	56°.47′	56°.53′,5	56°.39′	57°.37′	56°.58′
(010)-(110)	58.18				
(010)-(021)	37.22	37.29	37.13	38.15	»
(010)-(120)	39. 0				
(101)-(10$\bar{1}$)	86.40	90	90	90	90
(010)-(111)	66. 6	65.46	»	65.50,5	65.18
(010)-($\bar{1}$11)	65.36				

§ 2. — Forme P.

Les analyses des cristaux de cette forme, analyses rapportées au sel anhydre, leur assignent depuis 25 jusqu'à 60 pour 100 de bromure de baryum. Cette variation considérable de la composition chimique entraîne quelques différences dans les angles; mais ces différences se manifestent d'une manière progressive et tout à fait insensible. Aussi les deux Tableaux qui suivent ne représentent-ils pas les propriétés de deux types cristallins différents, mais plutôt les valeurs extrêmes entre lesquelles ont varié les mesures.

CRISTAUX PLUS RICHES EN CHLORURE.

Système binaire.

$a : b : c : = 1,6836 : 1 : 1,5890.$ $\beta = 89°32'.$

Faces.	Observé.	Calculé.
	° ′	
(80$\bar{3}$) - (807)	64.24*	fondamental
(001)-(807)	46.53*	fondamental
(001) - ($\bar{8}$03)	68.45	68°43′
(807)-(857)	—	37°33′
(001)-(011)	57.55	57°49′
(001)-(012)	38.30	38°28′
(012) - (0$\bar{1}$2)	76.56*	fondamental
(011)-(012)	19.20	19°21′
(011) - (01$\bar{2}$)	83.51	83°45′
(011) - (01$\bar{1}$)	64.25	64°22′
($\bar{8}$03) - ($\bar{8}$53)	44.30	44°26′
($\bar{8}$53) - ($\bar{8}\bar{5}$3)	88.54	88°52′
(857)-(011)	—	36°27′
(011) - ($\bar{8}$53)	42.58	43° 3′
(001) - ($\bar{8}$53)	74.59	74°59′,5
(001) - (85$\bar{3}$)	63. 7	62°58′

CRISTAUX MOINS RICHES EN CHLORURE.

Système binaire.

$a : b : c = 1,7104 : 1 : 1,6240.$ $\beta = 89^{\circ}50',5.$

Faces.	Observé.	Calculé.
$(80\bar{3})-(807)$	64°.10′*	fondamental
$(001)-(807)$	47.15*	fondamental
$(001)-(\bar{8}03)$	68.26	68°35′
$(807)-(857)$	38. 8*	fondamental
$(001)-(011)$	58.44	58°23′
$(001)-(012)$	38.44	39° 5′
$(012)-(0\bar{1}2)$	—	78°10′
$(011)-(012)$	19.13	19°18′
$(011)-(01\bar{2})$	97.20	97°28′
$(011)-(01\bar{1})$	63. 7	63°14′
$(\bar{8}03)-(\bar{8}53)$	44.50	44°51′
$(\bar{8}53)-(8\bar{5}3)$	89.44	89°42′
$(857)-(011)$	36.18	36°16′
$(011)-(\bar{8}53)$	42.36	42°35
$(001)-(\bar{8}53)$	75. 6	75° 0′
$(001)-(85\bar{3})$	62.13	62°17′

CARACTÈRES DE LA FORME P.

a. Dimension et aspect des cristaux. — Suivant leur plus longue arête, les individus homogènes et à peu près transparents ne mesurent guère plus de $1^{mm},5$. La nature et le développement respectif des faces changent peu quand on passe de cristaux plus riches en chlorure à des cristaux moins riches; cependant, lorsqu'un cristal contient beaucoup de chlorure, il se forme d'ordinaire sur une

face (001), et cette face se développe largement; si au contraire il en contient peu, il est en général posé (surtout si sa croissance est rapide) sur une face ($\bar{8}53$), et allongé suivant l'arête ($\bar{8}53$)-($\bar{8}\bar{5}3$). Les faces {$\bar{8}53$} et {001} ne manquent en aucun cas, et quand la cristallisation est brusquée elles se produisent seules; les faces {011} apparaissent ensuite, puis, si la cristallisation est assez lente, les faces {012}, {807} et {857}; ces dernières prennent rarement un grand développement, et ne se montrent guère que dans les cristaux riches en bromure. Quant aux faces {$\bar{8}03$}, il arrive fréquemment, dans les cristaux riches en chlorure, qu'on en trouve une seule, d'ordinaire assez grande; dans les cristaux qui contiennent beaucoup de bromure elles apparaissent toutes deux, à l'état de troncatures peu étendues.

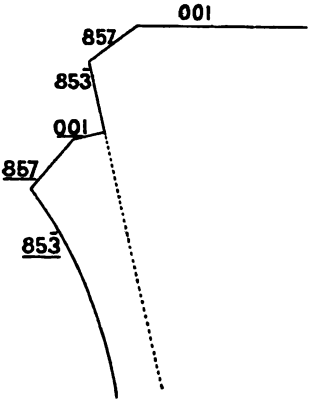
b. Exactitude des mesures. — Les faces {001} sont presque sans exception fortement convexes, et il en résulte un grave trouble dans les mesures de la zone (001)-(011). Ainsi sur des individus du premier genre on a mesuré :

1er individu.		2e individu.	
(011)-(001)	57° 37′	(011)-(001)	58° 56′
(012)-(001)	38° 31′	(012)-(001)	39° 16′
(0$\bar{1}$2)-(001)	38° 51′	(0$\bar{1}$2)-(001)	37° 51′
(0$\bar{1}$1)-(001)	58° 7′	(0$\bar{1}$1)-(001)	57° 8′

Ces anomalies seraient assez importantes pour faire douter de la symétrie monoclinique des cristaux, si la grandeur des écarts n'était pas très variable, et si surtout les angles (001)-($\bar{8}53$), (001)-($\bar{8}\bar{5}3$) n'étaient pas constamment égaux entre eux. La valeur (012)-(0$\bar{1}$2) = 76° 56′, qui a été prise pour l'un des angles fondamentaux du calcul, a été obtenue en faisant la moyenne des mesures effectuées tout autour de la zone, sur un cristal à peu près normal. Les faces {$\bar{8}53$},

dans les cristaux pauvres en chlorure, sont souvent interrompues par l'amorce d'un nouvel individu cristallin, qui se développe sur l'ancien de manière que la zone $(85\bar{3})$-(001) soit commune. Le raccordement de la face $(85\bar{3})$ de l'individu parasite avec la face $(85\bar{3})$ de l'individu principal ne se fait pas suivant un angle rentrant net, mais suivant une surface courbe; et l'angle que font entre elles les faces

Fig. 3.



Profil de la zone commune.

des deux individus, le long de la zone commune, n'est nullement constant, comme en témoignent les mesures suivantes :

1er échantillon.		2e échantillon.	
(001)-(001)	16°49′	(857)-(857)	6°43′
$(85\bar{3})$-$(85\bar{3})$	16°40′	$(85\bar{3})$-$(85\bar{3})$	6°39′

Il s'agit, en somme, d'une sorte de bourgeonnement cristallin, qui a un aspect très particulier, mais ne constitue pas une macle.

c. Clivage. — Il existe un clivage très net suivant la face (001). Nous n'avons constaté aucune déformation par action mécanique.

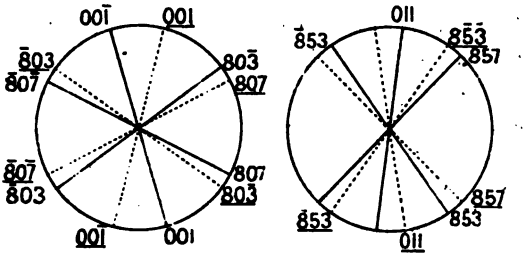
d. Macles. — La forme P présente deux groupements tout à fait différents.

1. *Groupement symétrique par rapport au plan* (001). — Ce groupement, qui est très fréquent dans les cristaux riches en chlorure, et qui se trouve encore parfois dans ceux qui en contiennent le moins, ne se produit guère que sur des individus dont la face (001) pose sur le fond du cristallisoir. Le développement des deux cristaux associés est parfaitement symétrique. La valeur théorique de l'angle rentrant $(85\bar{3})$-$(8\bar{5}\bar{3})$ est de 30° 1′, valeur égale à celle qui a été mesurée.

2. Un deuxième groupement, dont les échantillons normalement développés sont très rares, a été obtenu dans la cristallisation d'une solution qui laissait déposer à la fois des individus P et des cristaux semblables au bromure de baryum (les angles de la forme P sont, en ce cas, ceux du 2e Tableau). Le groupement consiste en ce que deux cristaux ont leurs plans (010) parallèles, et leurs rangées $\{\bar{1}\bar{4}4\}$ [axe de la zone (011)-$(\bar{8}53)$] confondues. Les deux schémas ci-dessous représentent, l'un la projection sur un même plan des zones (010) des deux individus, zones qui sont parallèles, et l'autre le plan, commun aux deux individus, et normal à la rangée $\{\bar{1}\bar{4}4\}$ qui leur est commune. Les traits pointillés figurent les normales aux faces de l'un des individus, les traits pleins les normales aux faces de l'autre. Il est clair que cette macle provient d'un groupement à 180° autour d'une rangée définie par l'intersection du plan (010) et du plan qui, appartenant à la zone commune $(\bar{8}53)$-(011), est lui-même commun aux deux cristaux. Or une telle rangée est normale

sur le plan (401). Si, en admettant cette explication, on calcule les angles que doivent faire entre elles les faces des

Fig. 4.



Superposition des zones parallèles {010} et {010}.

Plan commun normal à la zone commune {8̄53}-{011}.

individus, on arrive à des résultats que l'expérience, comme le montre le Tableau ci-dessous, confirme suffisamment.

Zones parallèles {010} *et* {010}.

Faces.	Observé.		Calculé.
(80$\bar{3}$)-(807)	1er échantillon	8°26′	8°28′
	2e »	8°27′	
	3e »	8°23′	
(80$\bar{3}$)-(80$\bar{3}$)		72°45′	72°38′
(807)-(807)		55°32′	55°42′
(001)-(00$\bar{1}$)		29°42′	29°48′

Zone commune (011)-(8̄53).

Faces.	Observé.	Calculé.
(8$\bar{5}\bar{3}$)-(8$\bar{5}\bar{3}$) (angle rentrant)	110°20′	110°20′
(857)-(857) (angle saillant)	91°52′	91°52′
(011)-(011) (angle saillant)	164°22′	164°30′

Les cristaux qui font partie du groupement que nous venons de décrire ont en général les faces de la zone (010) très réduites et les faces $\{\bar{8}35\}$ très développées.

e. Propriétés optiques. — La petitesse des cristaux homogènes et transparents n'a pas permis de tailler une lame assez exactement perpendiculaire à la bissectrice aiguë pour que la mesure de l'angle des axes fût possible par ce procédé. Mais il est facile de tailler une lame sensiblement perpendiculaire à l'axe binaire, à cause du développement de l'arête $(\bar{8}53)$-$(85\bar{3})$ à laquelle cette lame est parallèle ; on vérifie d'ailleurs aisément la perpendicularité en observant en lumière convergente. Sur une telle lame, on repère l'angle de l'une des directions d'extinction avec la trace du plan (001). Trois lames, taillées dans des cristaux qui renfermaient 25 à 28 pour 100 de bromure, ont donné, pour l'angle de la direction d'extinction contenue dans l'angle aigu des axes cristallographiques avec la normale à (001) :

1re lame : 67°30′ 2e lame : 69° 3e lame : 69°

En taillant une lame grossièrement perpendiculaire à cette direction, on s'est assuré que cette direction représentait la bissectrice aiguë, et que le plan des axes optiques était normal au plan de symétrie [1].

D'autre part on peut déterminer, avec une erreur qui ne dépasse pas ± 30′, sur un petit cristal posé sur une face $(\bar{8}53)$, l'angle des directions d'extinction avec les arêtes $(\bar{8}53)$-$(\bar{8}\bar{5}3)$ et $(\bar{8}53)$-(001). On trouve ainsi que l'une des directions fait un angle de 31° avec l'arête $(\bar{8}53)$-$(\bar{8}\bar{5}3)$ et de 44° avec l'arête $(\bar{8}53)$-(001). A l'aide de cette donnée, et connaissant la posi-

[1] On peut observer que la bissectrice aiguë fait avec la normale à (101), qui est un axe de macle, un angle de 6° seulement.

tion de l'ellipsoïde optique; on peut (LIEBISCH, *Neues Jahrbuch*, 1886, t. I, p. 156) calculer l'angle des axes; on obtient de cette façon $2V = 62°$. Le signe optique, comme on a du reste pu s'en assurer directement, est négatif.

Les mesures dont il vient d'être question ont été exécutées en lumière jaune ; mais il n'a pas été possible de noter une différence en employant la lumière rouge ou la lumière bleue. La dispersion est donc vraisemblablement très faible.

Les propriétés optiques ne paraissent pas se modifier quand la teneur des cristaux en bromure augmente. En faisant cristalliser sous le microscope une solution très riche en bromure, dans laquelle les individus P et les individus du type bromure se déposaient côte à côte, on a pu mesurer sur la face $(\bar{8}53)$ des cristaux P le même angle de 31° entre la direction d'extinction et l'arête $(\bar{8}53)$-$(\bar{8}\bar{5}3)$.

f. Interprétation des paramètres de la forme P.— L'existence de deux faces de groupement situées à 75° l'une de l'autre, et la valeur des angles de la zone (001)-(011), nous ont conduit à rapprocher la forme P du rhomboèdre qui, rapporté à son axe ternaire, à un axe binaire (pris comme unité) et à la rangée perpendiculaire, aurait pour paramètres :

$$\sqrt{3} : 1 : \frac{5}{4}\sqrt{\frac{3}{2}}.$$

Ce type cristallin est, comme l'a montré M. WALLERANT [1], celui auquel se rattachent les pyroxènes monocliniques.

Dans le Tableau suivant nous avons placé en regard les valeurs des paramètres et de quelques angles dans la forme P (cristaux riches en bromure) et dans le rhomboèdre type :

---

[1] *Bull. de la Soc. franç. de Minéralogie*, t. XXIV, 1901, p. 261.

Forme P 1,7104 : 1 : 1,6240.	Angles.	Rhomboèdre 1,7320 : 1 : 1,5309.
89°.50',5	β	90°. '
75. 6	(001)-(401)	74.12
68.35	(001)-($\bar{8}$03)	67. 0
58.23	(001)-(011)	56.51
39. 5	(001)-(012)	37.56
45. 9	($\bar{8}$53)-(010)	46.23

§ 3. — Bromure de baryum.

Les propriétés cristallographiques de ce corps ont été établies par M. Mügge, qui lui a assigné pour paramètres :

$$a : b : c = 1,44943 : 1 : 1,16559 ; \qquad \beta = 66°30',5.$$

Les mesures ont été reprises par M. Dufet, avec une remarquable précision ; il a appelé (10$\bar{1}$) la face précédemment notée (001) et a calculé les paramètres :

$$a : b : c = 2,65892 : 1 : 1,16534 ; \qquad \beta = 89°56'.$$

Quoique la nouvelle face (001) n'ait jamais été observée, il nous paraît expédient de garder les axes de M. Dufet. Non seulement, en effet, ces axes coïncident à peu près rigoureusement avec ceux de l'ellipsoïde optique [la normale à (001) fait avec la bissectrice obtuse un angle de 0°19'], mais encore il nous a été donné d'observer, dans des solutions contenant du chlorure, et surtout lorsque la cristallisation était amorcée par un individu de la forme P, un groupement symétrique par rapport à la face (001). Ce groupement, qui n'a pas été signalé par M. Dufet, s'observe tant sur les cristaux lentement formés et dans lesquels la face (100) domine, que dans des cristaux formés en une ou deux heures et présentant exclusivement les faces {210}, {31$\bar{1}$} et {111}. Sur ces derniers, la macle, dont le

plan de symétrie est très sensiblement perpendiculaire sur la zone dominante (210)-(2$\bar{1}$0), se manifeste simplement par l'angle rentrant des faces peu développées (31$\bar{1}$), ($\underline{31\bar{1}}$), et par une terminaison symétrique aux deux extrémités de l'axe *c*.

Angle rentrant (31$\bar{1}$)-($\underline{31\bar{1}}$) : observé 58°49; calculé 59°18′.

Nous avons donc à déterminer l'orientation d'un cristal binaire qui possède, dans sa zone |010|, deux faces de groupement rectangulaires entre elles, (100) et (001), et une autre face de groupement (¹) située à 66°23′ de l'une des précédentes, la face (10$\bar{1}$).

Or le rhomboèdre $\sqrt{3} : 1 : \frac{5}{4}\sqrt{\frac{3}{2}}$, dont nous avons déjà rapproché la forme P, permet de prévoir l'existence, dans la zone perpendiculaire au plan des axes *a* et *c*, de deux plans de macle rectangulaires entre eux, et d'un plan de macle situé à 66°10′ de l'un d'eux. Il suffit de multiplier le paramètre *a* de M. Dufet par $\frac{2}{3}$ et son paramètre *c* par $\frac{3}{4}$ pour obtenir, entre le bromure de baryum et le rhomboèdre en question, une concordance assez satisfaisante, ainsi que le montre le Tableau suivant:

Notation de M. Dufet.	Notation nouvelle.	Bromure. $a : b : c$ $= 1,77261 : 1 : 1,55379.$	Rhomboèdre. $a : b : c$ $= 1,7320 : 1 : 1,5309.$
		° ′	° ′
(001)-(100)	(001)-(100)	89.56	90
(101)-(100)	(102)-(100)	66.17	66.10
(10$\bar{1}$)-(100)	(10$\bar{2}$)-(100)	66.23	66.10
(301)-(100)	(302)-(100)	37.14	37. 2
(210)-(100)	(430)-(100)	53. 3	52.25
(012)-(001)	(038)-(001)	30.14	29.52

(¹) Nous avons rencontré continuellement, dans des cristaux qui contenaient du chlorure, la macle symétrique par rapport à (100); quant à celle symétrique par rapport à (10$\bar{1}$), que M. Dufet signale comme très rare, nous l'avons observée assez souvent.

On peut, à ce sujet, faire une remarque assez significative. Alors que le bromure de baryum est, géométriquement et optiquement, presque terbinaire, alors que la face (102) coexiste avec la face $(10\bar{2})$, ces deux faces faisant, à 6′ près, le même angle avec (100), il ne se trouve de macles que suivant $(10\bar{2})$ et jamais suivant (102), conformément à la théorie de M. Wallerant, qui n'accorde qu'à l'un de ces deux plans la propriété d'être un plan de macle.

§ 4. — Passage du chlorure de baryum à la forme P.

Ce passage a été observé de deux manières : à l'aide d'un microscope à lumière parallèle, puis d'un microscope binoculaire, sur des individus assez volumineux pour se prêter ensuite à des mesures goniométriques, et à l'aide d'un microscope à lumière parallèle seulement, pour des individus très petits.

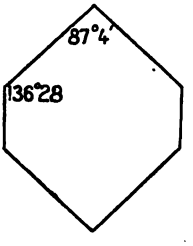
a. Observation suivie de mesures au goniomètre. — Si, dans une solution contenant, pour 100^g de sel dissous (supposé anhydre), $76^g,6$ de $BaBr^2$ [1], on place un cristal de chlorure de baryum, aplati comme à l'ordinaire suivant (010), les deux faces dominantes ne tardent pas à se recouvrir de cristaux de la forme P. Ces cristaux sont tous placés de la même manière, leur face (001) coïncidant avec la face (010) du chlorure, leur zone (100) avec sa zone (001). Il en résulte que les arêtes (001)-$(\bar{8}53)$, (001)-$(\bar{8}\bar{5}3)$, etc. de la forme P prennent à peu près exactement la place des arêtes (010)-$(\bar{1}11)$,

---

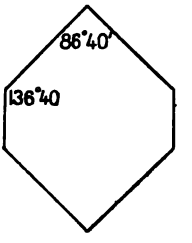
[1] Voici le détail de l'analyse : masse du sel anhydre, $0^g,5011$; SO^4Ba obtenu : $0^g,4325$; $BaBr^2$ calculé pour 100 : 76,62. Comme contrôle, dosage par l'argent de Cl + Br : masse de sel anhydre, $0^g,5011$; AgCl + AgBr calculé, $0^g,6477$; trouvé, $0^g,6476$.

(010)-($\bar{1}\bar{1}1$), etc., du chlorure ; car, ainsi que le montrent les deux schémas ci-dessous, ces arêtes font, dans chacune des deux formes respectivement, des angles presque égaux entre elles. Enfin, la zone (100) de la forme P, qui remplace la

Fig. 5.



Forme P, face (001).



Chlorure de baryum, face (010).

zone (001) du chlorure, est composée du même nombre de faces [1], faisant respectivement entre elles des angles très voisins :

Chlorure.		Forme P.	
(010)-(120)	39°. 0'	(001)-(012)	38°.28'
(010)-(110)	58.18	(001)-(011)	57.49

L'orientation que nous venons d'indiquer laisse subsister une indétermination. La face (011) du chlorure pourra en effet être remplacée, soit par la face ($\bar{8}03$) de la forme P, qui fait avec (001) un angle dièdre obtus, soit par la face ($80\bar{3}$) qui fait avec (001) un angle dièdre aigu. Autrement dit, l'axe *b* du chlorure étant remplacé par l'axe *c* de la forme P, et son axe *a* par l'axe *b* de celle-ci, il reste à savoir si la direction positive de l'axe *c* du chlorure coïncidera (approximativement)

[1] Toutefois les faces {012} sont rares dans les cristaux P qui contiennent beaucoup de chlorure.

avec la direction positive de l'axe *a* de la forme P, ou avec sa direction négative.

L'observation montre que les deux orientations se produisent indifféremment ; et il arrive même très souvent que les cristaux P qui se déposent sur le chlorure sont maclés par rapport à leur plan (001), de sorte que l'axe *c* du chlorure coïncide (approximativement), dans sa partie positive, avec la direction positive de l'axe *a* d'un individu de la macle, et avec la direction négative de l'axe *a* de l'autre individu.

L'extinction du cristal de chlorure de baryum et des cristaux P déposés sur lui ne se fait pas simultanément ; les cristaux P, dont on observe la face (001), s'éteignent en effet suivant une diagonale de cette face, alors que le cristal de chlorure dont on observe la face (010), s'éteint à 8° environ de cette diagonale. Il ne paraît pas que la formation de cristaux P sur le chlorure modifie les directions d'extinction de celui-ci, qui reste inaltéré.

Nous avons pu, après avoir suivi au microscope le phénomène que nous venons de décrire, mesurer les angles de quelques petits cristaux P adhérents au cristal-amorce de chlorure.

Les mesures, que la courbure des faces trop rapidement formées a empêché d'être très précises, ont donné :

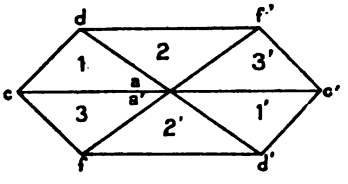
Faces.	Observé.	Calculé.
(011)-($01\bar{1}$)	63°.58′	64°.22′
(001)-($85\bar{3}$)	104.55	105. 0,5
($\bar{8}53$)-($85\bar{3}$)	91. 5	91. 8
($85\bar{3}$)-($\underline{85\bar{3}}$) (macle)	29.49	30. 1

b. Observation de cristaux microscopiques. — Si l'on examine en lumière parallèle la cristallisation d'une goutte de solution, de même composition chimique que la précédente,

après avoir amorcé au chlorure de baryum, on observe ce qui suit :

Aux environs de l'amorce, mais sans contact avec elle, il se forme des cristaux microscopiques, allongés et divisés au point de vue des extinctions en six secteurs. Les angles a et a', qui sont toujours très sensiblement égaux entre eux, valent d'ordinaire 34° à 36°; mais le peu de précision des mesures, sur ces individus très petits, ne permet pas d'affir-

Fig. 6.



mer que ces angles soient rigoureusement constants. Quant à l'angle en c ou en c', sa valeur est de 92° environ. Les secteurs 2 et 2' s'éteignent ensemble, lorsque l'une des sections principales des nicols est parallèle à la diagonale cc'; les secteurs 1 et 1', 3 et 3', s'éteignent à 8° environ de part et d'autre de cette diagonale. Il en résulte que, lorsque le fil du réticule est parallèle à la diagonale $c\,c'$, les secteurs 1 et 3 d'une part, 1' et 3' de l'autre, ont un éclairement rigoureusement égal, le phénomène étant aussi net qu'avec un saccharimètre à lame demi-onde de Laurent.

On reconnaît aisément que les secteurs 1 et 3, 1' et 3', constituent la macle ordinaire du chlorure de baryum, dans lequel les deux individus maclés s'éteignent à 8° de part et d'autre de la trace du plan de macle, les faces (101) et ($\underline{101}$) de ces deux individus faisant entre elles un angle de 92°30'. Mais les secteurs 2, 2' constituent une anomalie.

Ces secteurs 2, 2' ne tardent d'ailleurs pas à se développer

d'une manière prépondérante, et à déborder de tous côtés les secteurs 1, 1', 3 et 3'. En même temps, il se fait une troncature sur les angles *c* et *c'*, pendant que les longues arêtes *df*, *d'f'*, diminuent sans cesse. Enfin toute la matière nouvelle apportée par l'accroissement des secteurs 2, 2', constitue un cristal de la forme P, posé sur sa face (001), et portant les faces {011} sur l'emplacement des anciens angles *c* et *c'*. Quant aux secteurs 1, 1', 3 et 3', non seulement ils ne se développent ni ne se transforment, mais on les voit peu à peu se craqueler et disparaître, de sorte qu'enfin le cristal est un cristal P parfaitement homogène.

Les phénomènes que nous venons de décrire n'ont rien d'inattendu si l'on rapproche les changements qu'éprouvent les cristaux, quand varie leur composition chimique, des changements qu'ils éprouvent quand la température varie. De même que, soumis à un échauffement progressif, certains cristaux se modifient peu à peu, et de biaxes, par exemple, deviennent progressivement uniaxes ; de même que d'autres, au contraire, restent inaltérés jusqu'à une température déterminée et là se transforment brusquement en d'autres individus, souvent orientés par rapport aux individus primitifs ; — de même, lorsque la composition chimique se modifie progressivement, on voit certains cristaux se transformer lentement en d'autres (c'est le cas des sulfates de la série magnésienne), tandis qu'on en voit aussi rester inaltérés jusqu'à une certaine proportion des composants, puis changer brusquement de forme, la nouvelle forme pouvant, comme nous l'avons observé, être orientée par rapport à l'ancienne. Ainsi, dans l'exemple que nous avons décrit, un plan de symétrie de la première forme est remplacé par un plan de macle de la seconde, et inversement ; une zone se conserve à peu près intacte ; les autres zones, ainsi que les propriétés optiques, sont complètement modifiées ; le tout

sans qu'on puisse ni soutenir qu'il y a un passage continu, ni contester qu'il y ait une parenté définie, entre les deux formes.

§ 5. — Passage de la forme P au bromure de baryum.

Quoiqu'il existe vraisemblablement une parenté entre la forme P et la forme du bromure, il ne nous a pas été possible d'observer aussi nettement que dans le cas précédent l'orientation des deux formes l'une sur l'autre. Il est naturel d'attribuer la difficulté de cette observation à l'écart considérable qui sépare, dans leur composition chimique, les cristaux P les plus riches en bromure et les cristaux du type bromure qui renferment le moins de ce sel ; ainsi qu'on le verra plus loin, pour des individus des deux espèces obtenus côte à côte dans une même solution et triés ensuite, la teneur en $BaBr^2$ passe de 60 pour 100 dans les cristaux P à 88,5 pour 100 dans les cristaux du type bromure.

Cependant la parenté des deux formes est rendue très vraisemblable par la propriété que chacune d'elles possède de provoquer la cristallisation de l'autre. Si, dans une solution très riche en bromure et fortement concentrée, on projette un cristal P, on voit sur toutes les faces de celui-ci se produire de petits prismes du type bromure, constitués par les faces {430} et terminés par {234} et {$\bar{6}$34}. Ces prismes sont placés dans toutes les positions possibles par rapport au cristal-amorce ; ils présentent assez souvent la macle suivant (001). Si, au contraire, on projette dans une solution capable de donner des cristaux P un cristal de bromure, on voit se faire, sur toutes les faces de celui-ci et, du moins partiellement, aux dépens de sa propre substance, de petits cristaux P, limités par les faces {$\bar{8}$53} et {001}. Ces petits cristaux ne restent pas en place, mais tombent les uns après

les autres en bas du cristal de bromure qui leur a donné naissance; de sorte que ce cristal est le siège, pour ainsi dire, d'un ruissellement incessant de petits cristaux P qui s'amoncellent autour de lui et se développent jusqu'à le faire disparaître.

Mais ces expériences, si elles rendent probable la parenté des deux formes, ne nous apprennent rien sur leur orientation réciproque, parce que la cristallisation y est trop abondante et trop désordonnée (1).

On pouvait s'attendre à un phénomène plus net si, après avoir observé au microscope le dépôt de cristaux P, par exemple, dans une solution, on ajoutait goutte à goutte une solution de bromure, de manière à changer graduellement la composition du milieu. Mais ce procédé ne réussit pas : lorsque la proportion du bromure dans la solution devient suffisante, on voit se déposer à côté des cristaux P des cristaux du type bromure; et, quand la proportion de bromure augmente encore, on voit les cristaux P cesser de grandir, puis se disloquer et disparaître sans subir aucune transformation. L'inverse se produit si l'on part d'une solution riche en bromure et qu'on y ajoute du chlorure.

La cristallisation simultanée de la forme P et du type bromure, phénomène qui ne paraît pas se produire entre le type chlorure et la forme P, peut du reste se poursuivre pendant des jours et donner lieu à l'enchevêtrement le plus complet des individus des deux sortes. Dans ce cas il arrive souvent que les cristaux P aient simplement la forme de prismes allongés suivant leur arête $(\bar{8}53)$-$(\bar{8}\bar{5}3)$ et terminés par les faces $\{001\}$, avec :

$$(\bar{8}53)-(\bar{8}\bar{5}3) = 89^\circ 42'; \quad (\bar{8}53)-(001) = 75^\circ 0'$$

(1) Il est à peine utile de dire qu'on n'obtient pas un résultat plus net quand on amorce une solution très riche en bromure par un cristal de chlorure, ou inversement.

alors que les cristaux du type bromure ont la forme de prismes allongés suivant l'arête $(63\bar{4})$-$(6\bar{3}\bar{4})$ et terminés par les faces $\{302\}$, avec :

$$(63\bar{4})-(6\bar{3}\bar{4}) = 70°26'; \ (302)-(63\bar{4}) = 77°33'.$$

Cette particularité semble prendre une signification si l'on observe que, dans la forme P, la macle autour d'une normale à (401) amène les faces $(\bar{8}53)$ des deux individus groupés à faire entre elles un angle de 110°20', assez voisin de l'angle $(63\bar{4})$-$(\bar{6}34)$ du type bromure. Si dans ces conditions l'on croyait devoir établir une concordance entre les faces $\{\bar{8}53\}$ de la forme P et les faces $\{\bar{6}34\}$ du type bromure, la face (401) de la forme P, plan de macle, deviendrait (010), c'est-à-dire plan de symétrie, dans le type bromure, et la face (010), plan de symétrie de la forme P, deviendrait, dans le bromure $(10\bar{2})$, plan de macle.

Mais cette interprétation assez spécieuse se heurte à d'insurmontables difficultés : quand on veut calculer ce que représentent, dans la forme P, les différentes faces connues du bromure et inversement, on trouve pour elles des caractéristiques d'une complication inacceptable. Comme d'autre part nous n'avons jamais vu les cristaux P, maclés suivant une normale à (401), prendre l'apparence des cristaux du bromure, nous pensons qu'il y a lieu de préférer une autre explication.

Cette explication se présente d'elle-même, si l'on fait cristalliser très lentement une solution capable de donner à la fois des cristaux P et des cristaux du type bromure. On obtient alors des cristaux P posés sur une face (001), aplatis et presque toujours maclés suivant elle, faiblement allongés suivant l'axe *a*; et, d'autre part, des cristaux du type bromure, aplatis et constamment maclés suivant (100), maclés

aussi le plus souvent suivant (001), et faiblement allongés suivant l'axe *c*. Sous cet aspect, les deux types se ressemblent beaucoup. Voici d'ailleurs les angles qui, placés de la même manière, ont chez tous deux des valeurs assez voisines :

Forme P.		Type bromure.	
(001)-($\bar{8}$53)	75°. 0′	74°. 2′	(234)-(100)
(001)-($\bar{8}$03)	68.35	66.17	(102)-(100)
(001)-(011)	58.23	53. 3	(430)-(100)

Sans qu'on puisse voir le type bromure s'orienter sur la forme P, il paraît donc admissible que la face (100) du type bromure et son axe *c* correspondent à la face (001) de la forme P et à son axe *a*.

Cette conclusion est confirmée par l'observation suivante. Si dans une solution concentrée, capable de donner le type bromure, on place un petit cristal P bien homogène, de manière que sa face (00$\bar{1}$) repose sur le fond du vase, on peut voir au microscope (l'expérience est assez délicate) une foule de très petits cristaux se développer sur la face (001) de l'amorce ; ces nouveaux cristaux ont tous une face parallèle à la face (001) du cristal-amorce, sont allongés suivant son axe *a* et s'éteignent en même temps que lui. Il ne tarde pas à se faire des cristaux semblables sur le fond du vase, tout autour de l'amorce ; tous ces petits cristaux ont l'apparence de cristaux de bromure posés sur leur face (100) et allongés suivant l'axe *c*, les faces {430} étant fortement développées. Malheureusement il n'a jamais été possible de mesurer aucun de ces individus ; au fur et à mesure qu'ils s'accroissent, ils s'enchevêtrent ou se maclent d'une manière inextricable, leurs extinctions cessent d'être nettes, et finalement, sans qu'aucun ait dépassé les dimensions d'un cristal microscopique, ils cèdent la place aux formes du bromure les

mieux appropriées à un développement rapide, c'est-à-dire la forme composée de {430} dominant, {$\bar{6}$34} et {234}, ou à celle composée de {$\bar{6}$34} dominant, avec {234}. On sait en effet que, dans les cristaux rapidement formés et mesurables de bromure de baryum, les faces {100} ne se présentent presque jamais.

Si l'on accepte cette manière de voir, et que l'on rattache, par une relation d'orientation, les faces suivantes entre elles :

Type chlorure.	Forme P.	Type bromure.
(010)	(001)	(100)
(001)	(100)	(001)

on s'explique dans une certaine mesure que les cristaux du type bromure qui contiennent du chlorure se maclent suivant (001), puisque cette face correspond à la face (001) du type chlorure, qui est elle-même un plan de macle.

Il nous paraît oiseux, après cette discussion, de revenir sur les relations d'isomorphisme qu'on a essayé d'établir, par la simple considération des paramètres, entre le chlorure et le brómure de baryum. On voit ici une fois de plus qu'il ne suffit ni de l'analogie des formules chimiques, ni de l'identité des systèmes cristallins, ni de la ressemblance, toujours aisée à obtenir, des paramètres, pour conclure à l'isomorphisme de deux corps. Il est clair que, tout en s'orientant les uns par rapport aux autres, les types cristallins que nous venons d'étudier ne sont pas, à proprement parler, isomorphes; d'ailleurs on n'ignore pas que la pyrrhotine s'oriente sur la galène, avec laquelle elle n'a que peu de relation.

§ 6. — Analyse de quelques échantillons de cristaux et des solutions qui leur ont donné naissance.

Dans les mélanges déshydratés, de composition $Ba(Cl^n, Br^p)$, nous avons dosé le baryum par l'acide sulfurique. La masse du baryum connue, nous avons calculé les masses de chlore et de brome présentes dans le mélange, et nous avons, comme contrôle, dosé l'ensemble de ces deux corps à l'état de sels d'argent. Pour assurer l'homogénéité des échantillons qui servaient aux deux opérations, nous avons dissous dans l'eau une masse connue du mélange anhydre, amené à un volume connu, et prélevé pour chacun des deux dosages un même volume, également connu, de la solution.

En ce qui concerne la perte d'eau observée sur les cristaux, on constatera que cette perte est souvent très inférieure à celle que la formule permettait de calculer. Ce phénomène est probablement dû à une efflorescence des cristaux, efflorescence qui est quelquefois très visible.

Toutes les cristallisations dont il va être question ont été faites aux environs de 15°, dans des solutions neutres.

Mélange I.

Analyse du sel dissous. — Masse du sel analysé (anhydre) : $0^g,4800$. — Masse de SO^4Ba : $0^g,4265$. Chlorure et bromure d'argent : calculé, $0^g,6246$; trouvé, $0^g,6244$. — Le sel dissous, supposé anhydre, contient 69,0 pour 100 de $BaBr^2$.

Analyse du sel recueilli. — Masse du sel analysé (anhydre) : $0^g,7567$. — Masse de SO^4Ba : $0^g,8242$. Chlorure et bromure d'argent : calculé, $1^g,0362$; trouvé, $1^g,0363$. Perte d'eau (pour $1^g,9057$ de sel anhydre) : calculée, $0^g,3278$; trouvée, $0^g,3206$. — Le sel recueilli, supposé anhydre, contient 9,25 pour 100 de $BaBr^2$.

Propriétés cristallographiques. — Comme le montre le Tableau suivant, ces propriétés sont identiques à celles du chlorure de baryum pur :

Faces.	Observé.	Observé sur $BaCl^2, 2H^2O$. (Wynouboff.)
(101)-(10$\bar{1}$)	86°.58′	86°.42′
(101)-($\underline{101}$) (macle)	92.25	92.30
(110)-(1$\bar{2}$0)	83.10	82.45
(010)-(011)	56.45	56.47
(010)-(021)	37.38	37 22
(101)-(111)	24. 0	24. 5
(010)-(10$\bar{1}$)	65.48	65.36
(10$\bar{1}$)-(11$\bar{1}$)	24. 5	24.35

Les deux macles par action mécanique, signalées par M. Mugge, se produisent sur ces cristaux, qui présentent fréquemment ces mêmes macles à l'état primordial. Les propriétés optiques sont celles du chlorure pur.

Mélanges II et II *bis*.

Analyse du sel dissous. — Masse du sel analysé (anhydre) : $0^g,5445$. — Masse de SO^4Ba : $0^g,4696$. Chlorure et bromure d'argent : calculé, $0^g,7024$; trouvé, $0^g,7024$. — Le sel dissous, supposé anhydre, contient 76,8 pour 100 de $BaBr^2$.

La solution a été partagée en deux parties à peu près égales et chaque partie a été amorcée, l'une avec un cristal de chlorure de baryum, l'autre avec un cristal de la forme P. Le but de cette expérience était de reconnaître si la nature et la composition des cristaux formés étaient indépendantes de l'amorce. Les propriétés des individus recueillis dans les deux opérations ont été identiques ; ce sont celles de la forme P, premier genre. Quant à la composition, comme on le verra ci-dessous, elle était sensiblement la même.

Analyse du sel recueilli.

1. *Sel amorcé par le chlorure de baryum.* — Masse du sel analysé (anhydre) : $0^g,5770$. — Masse de SO^4Ba : $0^g,5970$. Chlorure et bromure d'argent : calculé, $0^g,7794$; trouvé, $0^g,7784$. Perte d'eau (pour $1^g,4531$ de sel anhydre) : calculée, $0^g,2472$: trouvée, $0^g,2322$. — Le sel recueilli (supposé anhydre) contient 25,5 pour 100 de $BaBr^2$.

2. *Sel amorcé par un cristal* P. — Masse du sel analysé (anhydre) : $0^g,4084$. — Masse de SO^4Ba : $0^g,4229$. Chlorure et bromure d'argent : calculé, $0^g,5518$; trouvé, $0^g,5513$. Perte d'eau (pour $1^g,0286$ de sel anhydre) : calculée, $0^g,1750$; trouvée, $0^g,1652$. — Le sel recueilli (supposé anhydre) contient 25,3 pour 100 de $BaBr^2$.

MÉLANGE III.

Analyse du sel dissous. — Masse du sel analysé (anhydre) : $0^g,5265$. — Masse de SO^4Ba : $0^g,4506$. Chlorure et bromure d'argent : calculé, $0^g,6792$; trouvé, $0^g,6655$. — Le sel dissous (supposé anhydre) contient 78,8 pour 100 de $BaBr^2$.

Analyse du sel recueilli. — Masse du sel analysé (anhydre) : $0^g,5670$. — Masse de SO^4Ba : $0^g,5827$. Chlorure et bromure d'argent : calculé, $0^g,7646$; trouvé, $0^g,7643$. Perte d'eau (pour $1^g,4280$ de sel anhydre) : calculée, $0^g,2426$; trouvée, $0^g,2258$. Le sel recueilli (supposé anhydre) contient 27,6 pour 100 de $BaBr^2$.

Les propriétés des cristaux étaient celles de la forme P, et se rapprochaient un peu du second genre (cristaux moins riches en chlorure).

MÉLANGE IV.

Analyse du sel dissous. — Masse du sel analysé (anhydre) : $0^g,6438$. — Masse de SO^4Ba : $0^g,5241$. Chlorure et bromure d'ar-

gent : calculé, $0^g,8214$; trouvé, $0^g,8196$. — Le sel dissous (supposé anhydre) contient 91,2 pour 100 de $BaBr^2$.

Analyse du sel recueilli. — Masse du sel analysé (anhydre) : $0^g,5243$. — Masse de SO^4Ba : $0^g,4315$. Chlorure et bromure d'argent : calculé, $0^g,6706$; trouvé, $0^g,6711$. Perte d'eau (pour $1^g,3204$ de sel anhydre) : calculée, $0^g,2151$; trouvée, $0^g,1675$. — Le sel recueilli (supposé anhydre) contient 88,6 pour 100 de $BaBr^2$.

Propriétés cristallographiques. — Les cristaux sont identiques à ceux du bromure pur, comme le montrent les mesures ci-après :

Faces (notation nouvelle).	Observé.	Observé sur $BaBr^2, 2H^2O$ (Dufet).
$(430)-(\bar{4}30)$	73°.54′	73°.54′
$(63\bar{4})-(6\bar{3}\bar{4})$	70.28	70.26
$(234)-(\bar{6}34)$	56.45	56.31
$(10\bar{2})-(63\bar{4})$	44.39	44.27
$(10\bar{2})-(234)$	62.36	62.23
$(430)-(63\bar{4})$	31.37	31.37
$(430)-(302)$	61.21	61.24,5
$(430)-(\bar{2}3\bar{4})$	65. 5	65.18,5

Les propriétés optiques sont celles du bromure.

Autres essais.

Il nous a paru intéressant de déterminer approximativement la valeur maxima que peut prendre, dans les cristaux à forme de chlorure, la proportion de bromure. En procédant par tâtonnements, nous avons obtenu des cristaux de cette forme qui ont donné lieu à l'analyse suivante [les cristaux ont été triés au microscope, placés dans un creuset de platine,

desséchés, puis additionnés de quelques gouttes d'une solution de $SO^4(NH^4)^2$ qu'on a évaporée à sec].

Masse du sel anhydre : $0^g,0750$. — Masse de SO^4Ba : $0^g,0800$. Le sel analysé (supposé anhydre) contient 12,4 pour 100 de $BaBr^2$. La solution qui avait laissé déposer ces cristaux a donné, après une faible concentration, des cristaux P. La valeur 12,4 pour 100 est donc vraisemblablement voisine du maximum.

D'autre part une même solution nous a fourni à la fois, comme il a été dit plus haut, des cristaux P et des cristaux du type bromure, placés côte à côte. Triés au microscope et analysés comme il vient d'être dit, ces cristaux ont donné les résultats suivants :

Cristaux P. — Masse du sel analysé (anhydre) : $0^g,0685$. — Masse de SO^4Ba : $0^g,0630$. — Le sel (supposé anhydre) contient 59,7 pour 100 de $BaBr^2$.

Cristaux du type bromure. — Masse du sel analysé (anhydre) : $0^g,0628$. — Masse de SO^4Ba : $0^g,0517$. — Le sel (supposé anhydre) contient 88,5 pour 100 de $BaBr^2$.

Les cristaux P avaient les propriétés décrites plus haut (2e genre). Les cristaux du type bromure étaient identiques aux cristaux purs de bromure de baryum.

Conclusions.

1. Dans les recherches qui viennent d'être relatées, nous nous sommes d'abord proposé d'examiner si des corps appartenant à des symétries différentes pouvaient être regardés comme isomorphes. Cette question, qu'on devait résoudre négativement tant que l'on considérait l'élément constitutif de l'édifice cristallin comme indéformable, ne soulevait plus, *a priori,* aucune objection dès que l'on regardait cet élément constitutif comme un groupement de molécules. En effet, et conformément à ce qu'avaient déjà trouvé en étudiant les propriétés optiques de mélanges fondus MM. Wyrouboff et Wallerant, nous avons observé sur les tartrates de thallium et de potassium qu'il pouvait y avoir mélange en toute proportion et transformation graduelle des propriétés cristallographiques et optiques entre deux corps rangés dans des systèmes cristallins différents.

Il nous est donc permis d'énoncer la conclusion suivante :

L'isomorphisme peut exister entre deux corps appartenant à des systèmes cristallins différents.

2. M. Groth et récemment M. Stibing ont déjà constaté pour les propriétés cristallographiques et M. Wallerant pour les propriétés optiques que, contrairement à ce que M. Dufet a observé sur les sulfates de magnésium et de zinc, les propriétés des cristaux mixtes peuvent n'être pas comprises entre celles des termes extrêmes de la série. En étudiant les mélanges des tartrates de thallium et de potassium, et en mesurant les cristaux mixtes quasi-ternaires de ClO^3K et

NO^3K, nous sommes arrivés au même résultat, qui peut s'exprimer ainsi :

Les propriétés cristallographiques et optiques des cristaux mixtes peuvent n'être pas comprises entre les propriétés des corps dont le mélange a fourni ces cristaux.

3. Le cas des sulfates de fer et de magnésium étudiés par M. Lecoq de Boisbaudran permettait de supposer que, si un corps dimorphe était sous l'une de ses formes isomorphe d'un autre corps, cet autre corps devait nécessairement être dimorphe aussi, et sa seconde forme être isomorphe avec la seconde forme du premier corps. Mais l'examen des mélanges de ClO^3K et NO^3K, confirmant une observation faite sur les tartrates alcalins, montre qu'il n'en est pas toujours ainsi ; dans ces exemples on voit, en effet, un corps dimorphe, isomorphe sous l'une de ses formes avec un autre corps, n'avoir sous son autre forme aucune relation avec lui, et se déposer pur dans une solution où tous deux se trouvent mélangés. On peut donc dire :

De ce qu'un corps dimorphe A *est sous l'une de ses formes isomorphe d'un corps* B, *il ne suit pas nécessairement que le corps* B *possède une seconde forme isomorphe avec l'autre forme de* A. *Si* B *ne possède pas de forme de ce genre, on peut, en faisant cristalliser* A *sous la forme qui ne convient pas à* B, *l'isoler à l'état pur d'une dissolution qui renferme à la fois* A *et* B.

4. A propos des trichromates de potassium et d'ammonium, qui se déposent ensemble en toutes proportions, M. Wyrouboff a constaté l'existence de trois formes de cristaux mixtes, correspondant aux formes propres à chacun des sels mélangés, et à une troisième forme toute différente. M. Wallerant, dans ses études sur les azotates, a trouvé des exem-

ples analogues, en opérant sur des mélanges fondus. Nous avons observé un phénomène du même genre avec le chlorure et le bromure de baryum, qui nous ont donné, non pas une seule série de mélanges isomorphes, mais trois séries différentes de cristaux mixtes. Le phénomène que ces deux corps présentent est probablement très fréquent ; on peut, dans le cas actuel, le caractériser ainsi :

Le chlorure et le bromure hydratés de baryum ne sont pas isomorphes; les cristaux mixtes qu'ils fournissent possèdent, suivant leur composition, soit la forme du chlorure, soit celle du bromure, soit une troisième forme distincte des deux autres.

En outre, cette forme particulière succède à la forme du chlorure d'une manière brusque, et en même temps s'oriente sur elle d'une façon parfaitement définie. Ce genre de transformation nous a amené à comparer les modifications que subissent les cristaux mixtes quand leur composition chimique varie, et les modifications que subissent nombre de corps cristallisés quand la température change. De même que certains corps, chauffés progressivement, présentent dans leurs propriétés une transformation graduelle, tandis que d'autres restent presque inaltérés jusqu'à une certaine température, puis se modifient brusquement, le nouveau cristal s'orientant parfois sur l'ancien ; — de même certains cristaux mixtes (et c'est le cas de presque tous ceux que l'on connaît actuellement), au fur et à mesure que la composition chimique varie, changent progressivement de propriétés, tandis que d'autres conservent à très peu près les mêmes caractères jusqu'à une certaine composition, puis en revêtent brusquement de tout différents. Ces observations peuvent se résumer ainsi :

Comme les transformations produites par l'élévation progressive

de la température, les variations causées par le changement graduel de la composition chimique sont continues ou discontinues. Lorsqu'elles sont discontinues, il peut se faire que l'un des types cristallins s'oriente sur l'autre et reproduise même une partie de sa structure.

Note sur des cristaux de smithsonite;

PAR H. BUTTGENBACH.

Les formes signalées dans les cristaux de smithsonite sont, d'après Des Cloizeaux et Dana :

La base : a^1 (001), le prisme : d^1 (210);
Les rhomboèdres directs : p (111), e^3 (441);
Les rhomboèdres inverses : b^1 (102), e^1 (201), $e^{\frac{4}{3}}$ (70[illegible]), $e^{\frac{3}{2}}$ (501);
Le scalénoèdre : d^2 (321).

M. Cesàro [1] a signalé également les faces (composées) du rhomboèdre $e^{\frac{9}{8}}$ (17.0.7) sur des cristaux de Moresnet.

Dom G. Fournier, directeur du musée géologique de l'abbaye de Maredsous (Belgique), m'a communiqué dernièrement un échantillon de limonite provenant de *San Aniceto* (Almaden, Espagne) recouverte de très petits cristaux vitreux que j'ai reconnus formés de smithsonite et sur lesquels j'ai pu déterminer, en plus des formes p (111), d^1 (210), $e^{\frac{4}{3}}$ (702),

---

(1) G. CESARO, *Description des minéraux phosphatés, sulfates et carbonatés du sol belge* (Mémoire couronné par l'Académie royale de Belgique, 1897).

les faces, nouvelles pour ce minéral, du rhomboèdre inverse $a^{\frac{1}{2}}$ (105).

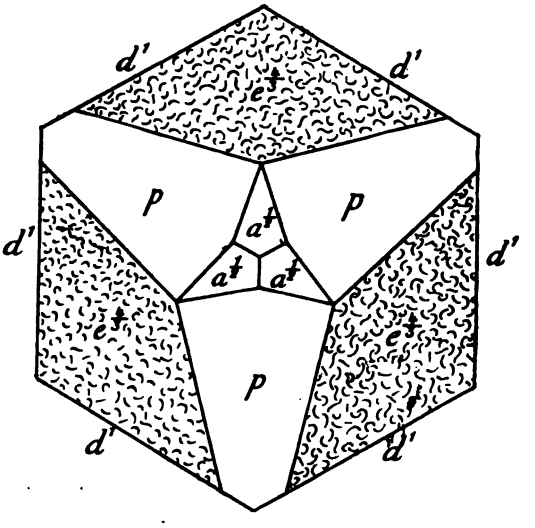
La combinaison de ces formes est représentée dans la figure en projection orthogonale sur la base a^1.

Les faces $e^{\frac{4}{3}}$ sont les plus développées; elles sont rugueuses et paraissent même formées d'une série de faces appartenant aux scalénoèdres de notation générale (7 k 2), dont $e^{\frac{4}{3}}$ (702) est la troncature symétrique de l'arête de droite.

Les faces p sont au contraire très nettes et très brillantes.

Les faces d^1, quoique très étroites, ont permis aussi de bonnes mesures.

Les faces $a^{\frac{1}{2}}$ sont très petites et inégalement développées, se réduisant parfois à des points brillants; mais sur l'un des



cristaux, l'une de ces faces était suffisamment grande et nette pour permettre la détermination exacte de sa notation.

Voici la correspondance entre les angles mesurés et calculés :

	Mesurés.	Calculés.
$p\,p$.....	72°.20′	72°.20′
$p\,e^{\frac{1}{3}}$ adj.....	57	57.17
$p\,d^1$.....	53.54	53.50
$d^1\,d^1$ adj.....	60.12	60
$p\,a^{\frac{1}{2}}$ opp.....	53.41	53.30

Il est à remarquer qu'une face p fait avec les faces d^1 adjacentes et la face $a^{\frac{1}{2}}$ opposée des angles presque égaux.

Le Secrétaire gérant :
MAURICE BLONDEL.

27868 Paris. — Imprimerie GAUTHIER VILLARS, quai des Grands-Augustins, 55.

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE MINÉRALOGIE.

ANNÉE 1906. — BULLETIN N° 5.

Compte rendu de la Séance du 10 Mai 1906.

PRÉSIDENCE DE M. DE LAPPARENT.

M. WALLERANT entretient la Société de ses nouvelles recherches sur des enroulements en spirale, qu'il a constatés dans les mélanges cristallisés.

M. WYROUBOFF fait part à la Société de ses recherches sur les propriétés optiques des sels doubles ammoniacaux des terres rares. Il a constaté, en opérant sur des sels spectroscopiquement purs de Ce, La, Di, Pr, que toutes les constantes optiques connues jusqu'à présent étaient partiellement ou même complètement inexactes. En particulier les chiffres de M. Kraus se rapportent à des corps qui, comme pour le didyme, renfermaient plus de 60 pour 100 d'impuretés. La connaissance des propriétés optiques des sels permet de suivre facilement les fractionnements et de déterminer avec une certaine approximation les quantités des corps mélangés, bien mieux qu'avec le spectroscope qui est trop sensible.

M. Wyrouboff a trouvé aussi que l'observation de M. Kraus

sur le dimorphisme du sel de didyme n'était que le résultat d'une confusion; la seconde forme, rhomboédrique, n'appartenant pas à un sel ammoniacal, mais à un sel renfermant du magnésium ou un métal magnésien.

Les gîtes métallifères du Val de Villé (Alsace);

PAR M. UNGEMACH.

Bibliographie.

(Les ouvrages cités dans le corps du travail sont désignés par les numéros d'ordre de la liste ci-après.)

Date. Auteur.

1. 1751. J.-D. SCHOEPFLIN, *Alsatia illustrata*. Colmariae.
2. 1779. HÉROUVILLE DE CLAYE (Comte d'), *Sur les mines d'Alsace*, cité par GOBET, *Les anciens minéralogistes de France*, Paris.
3. 1789. DE DIETRICH (Baron), *Description des gîtes de minerai de la France*, t. II, Paris et Strasbourg.
4. 1806. J.-PH. GRAFFENAUER, *Essai d'une minéralogie économico-technique des départements du Haut et du Bas-Rhin*. Strasbourg.
5. 1826. F.-L. HAMMER, *Minéralogie du Bas-Rhin*, parue dans le *Bulletin de la Société des Sciences, etc.*, t. III. Strasbourg.
6. 1827. BECQUEY, *Tableau sommaire des principaux gîtes métalliques, etc.* paru dans le *Bulletin de la Société des Sciences, etc.*, t. IV. Strasbourg.
7. 1828. M. VOLTZ, *Aperçu de la topographie minéralogique d'Alsace*. Strasbourg.
8. 1833. G. SCHWEIGHAÜSER, *Liste des minéraux des deux départements du Rhin*. Strasbourg.
9. 1836. A LEYMERIE, *Voyage minéralogique en Alsace, etc.*, fait en l'année 1834, dans *Annales de la Société Linnéenne*. Lyon.

Date. Auteur.

10. 1852. A. DAUBRÉE, *Sur un nouveau gisement de Berthiérite dans les Vosges*, dans *Annales des Mines*, 5e série, t. I. Paris.

11. 1852. A. DAUBRÉE, *Description géologique et minéralogique du département du Bas-Rhin*. Strasbourg.

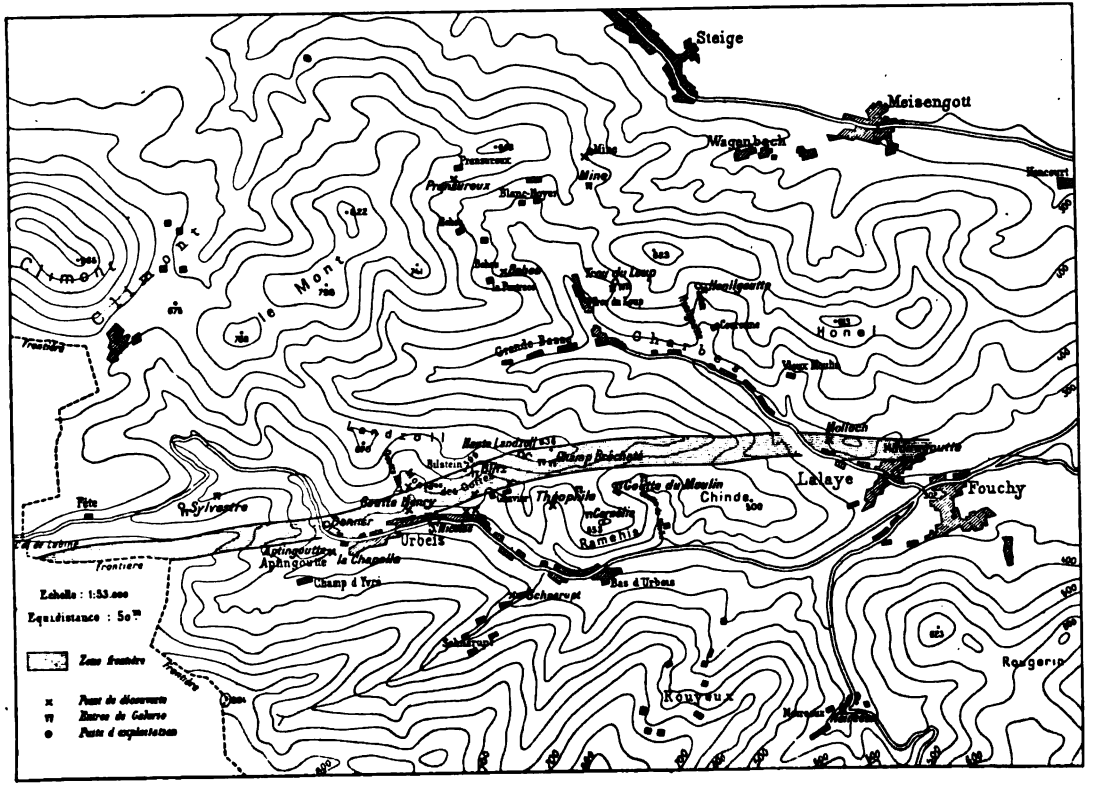
12. 1890. CARRIÈRE (Dr), *Etudes et observations sur la nature, etc. des roches des Vosges*. Saint-Dié.

13. 1898. H. BÜCKING, *Geologie von Elsass-Lothringen*, dans *Das Reichsland Elsass-Lothringen*, Strasbourg.

En outre, quelques notes dans les Ouvrages suivants :

J.-D. DANA, *A system of mineralogy*. London 1902.
C. HINTZE, *Handbuch der mineralogie*. Leipzig, 1897.
A. LACROIX, *Minéralogie de la France*. Paris, 1897.

Le Val de Villé, dans les Vosges alsaciennes, est, tout comme son voisin, le Val de Sainte-Marie, un centre d'exploitation minière très ancienne. A en juger d'après les restes encore visibles un peu partout, vieilles haldes, entrées de galeries, puits d'exploitations, découverts en grand nombre pendant les recherches des dernières années, l'activité minière a dû être, dans les temps anciens, des plus actives. Le fait que la trace de ces travaux s'est presque entièrement perdue, qu'aucun ouvrage ancien n'en fait mention et que même la tradition locale est pour ainsi dire muette à leur égard, s'explique si l'on considère que les mines du Val de Villé, à l'encontre de celles de Sainte-Marie-aux-Mines, n'ont produit que fort peu de métal précieux. Ce sont les riches trouvailles d'argent natif qui ont rendu le nom de Sainte-Marie célèbre dans le monde entier et qui ont produit sur les contemporains la vive impression dont les traces se voient dans nombre d'ouvrages du moyen âge et de la renaissance.


Steige
Meisengott
Wagenbach
Honcourt
Mine
Prensureux
Blanc-Noyer
Climont
le Mont
Trou du Loup
Honel
Grande Basse
Charbes
Vieux Moulin
Landzoll
Haute Landzoll
Champ Bréchaté
Bilstein
Blitz
Molloch
Lalaye
Fouchy
Chinde
Goutte du Moulin
Théophile
Ramehis
Sylvestre
Fête
Urbeis
Aptingoutte
la Chapelle
Champ d'Ivre
Bas d'Urbeis
Schnerupt
Rouyeux
Rougerin
Frontière
Echelle : 1:53.000
Equidistance : 50m
Zone frontière
Point de découverte
Entrée de Galerie
Poste d'exploitation

Les premiers renseignements sur les mines du Val de Villé datent de 1741; Schoepflin (1) relate, à propos de la description des mines de Sainte-Marie, que « dans le Val de Villé on a aussi trouvé de l'argent natif et de la mine de cobalt. » C'est là très probablement une erreur, car aucun autre auteur ne parlera de ces deux minéraux après lui. C'est ainsi que le comte d'Hérouville de Claye (2) ne cite en 1779 en fait de mines en activité, « à Lach et Val de Wille », que celles de houille et de plomb, tandis que celles pour le fer et le cuivre sont inexploitées. De Dietrich décrit pour la première fois (3, p. 207 et suivantes) en 1789 les différentes mines du Val de Villé, délaissées depuis des temps immémoriaux, sauf quelques-unes qu'un sieur Gamper avait déblayées de 1742 à 1748, mais sans succès pratique. Vers 1780 le curé Galette, d'Urbeis, fit une tentative d'exploitation qui coûta fort cher et ne produisit rien. Peu de temps après la visite de de Dietrich, en l'an XII, le propriétaire des mines de houille de Lalaye, Cuny, fit faire à son tour d'importantes recherches dans toute la vallée et découvrit à cette occasion plusieurs vieux puits et d'autres travaux dont tout souvenir s'était perdu. On travailla pendant deux ans aux mines d'antimoine de Charbes, qui produisirent plusieurs tonnes de bon minerai. Ce minerai, déjà connu de de Dietrich (3, p. 208) et considéré par tout le monde comme étant de la stibine, fut fondu par M. Cuny dans un four à pain et vendu à un imprimeur de Strasbourg. De plus, le pharmacien de Villé s'en servit pour faire de l'émétique, qui selon la relation naïve de Graffenauer (4, p. 262) agissait bien plus vite et plus sûrement que celui préparé avec l'antimoine de Hongrie. Les travaux furent abandonnés en 1806; repris beaucoup plus tard, en 1844, ils subirent le même sort et ce n'est qu'à partir de 1894 qu'il peut de nouveau être question d'une exploitation minière proprement dite dans le Val de Villé.

Des recherches systématiques furent entreprises à cette époque et les filons reconnus exploitables à trois endroits, où les travaux sérieux commencèrent aussitôt : à « Honilgoutte », où l'ancienne mine d'antimoine fut reprise ; près d'Urbeis, où la mine de « Donner » s'établit dans le voisinage immédiat de l'ancienne mine de « la Chapelle », et enfin sur le nouveau filon de cuivre gris reconnu dans le vallon de « Fête », où s'établit la mine de « Sylvester », la plus importante et la plus intéressante de toutes.

Avant de passer à la description des minéraux fournis par ces mines, il est bon de dénombrer les gisements connus du Val de Villé et d'en décrire, autant que faire se peut, les caractéristiques géologiques et locales.

Le sol de la partie supérieure du Val de Villé, la seule entrant en ligne de compte ici, appartient à deux formations géologiques : au gneiss d'Urbeis et aux schistes paléozoïques de Villé. Ces formations sont séparées l'une de l'autre par une zone frontière (« Grenzzone » de Cohen) de 150^{m} à 250^{m} de largeur, qui s'étend de Lalaye à Urbeis et au delà de l'est à l'ouest et se compose d'un granit modifié. Cette zone est teintée sur la carte ci-jointe ; les limites en ont été tracées d'après les renseignements que M. le professeur Bruhns, à Strasbourg, a bien voulu me fournir. La plupart des filons d'Urbeis paraissent plus ou moins en relation avec cette zone frontière, dans laquelle ou autour de laquelle ils affleurent. Ces filons sont surtout plombifères et cuprifères et formeront le premier groupe dans la description qui va suivre. Le deuxième groupe comprendra les filons moins nombreux de Charbes, qui affleurent dans les schistes de Villé sur les pentes méridionales des hauteurs qui séparent le val de Charbes de la vallée de Steige. Le troisième groupe enfin est constitué par les filons de Triembach, qui ont été reconnus à plusieurs kilomètres de

distance à l'est de Villé dans les terrains permiens (*Rotliegende*).

1. — Filons d'Urbeis.

Ces filons fournissent des minerais de cuivre, d'argent, de plomb et plus rarement de zinc. Ils sont tous fortement inclinés, quelques-uns perpendiculaires. Les noms par lesquels ils seront désignés ici sont en partie très anciens, en partie tout à fait récents. Voici ces filons, en commençant par ceux situés le plus à l'est :

Molloch, Goutte du moulin, Cornélia, Théophile, Champ-Brécheté, Haute Landzoll, Schnarupt, Montagne des Coltes, Saint-Nicolas, Goutte Henry, La Chapelle, Donner et Sylvester. La situation du filon d'Aptingoutte est incertaine, la mine de la Porte de fer plus ou moins fabuleuse. Nous examinerons à la suite des filons d'Urbeis le filon solitaire de Noirceux qui se trouve au sud de Lalaye dans le granit de Sainte-Marie.

Molloch.

La mine de Molloch, souvent désignée par les paysans sous le nom de « Puant trou », a exploité un filon situé dans le granit de la zone frontière au nord et tout près du village de Lalaye. L'orientation du filon est O 70° S. d'après Daubrée (11, p. 307) qui lui donne le nom de « Haut-Champ ». L'inclinaison et la puissance du filon me sont inconnues. A en juger d'après les déblais encore importants le quartz paraît avoir été la seule gangue et la galène le seul minerai. Graffenauer (4, p. 526) désigne par erreur le minerai comme « Mine de cobalt contenant de l'argent ». Bien que cette indication soit certainement erronée en ce qui concerne la mine de Lalaye, il est à remarquer que Daubrée indique (11, p. 410) dans le voisinage immédiat, dans la carrière de Noiregoutte, la présence de la cobaltine. Pour des raisons à énumérer plus loin (p. 282) ce renseignement me paraît douteux également.

Les travaux sérieux sont abandonnés à Molloch depuis 150 ans; en 1850 on y remarquait encore sept entrées de galeries et deux puits d'exploitation.

Goutte du Moulin.

Deux filons affleurent dans le vallon de la Goutte du Moulin dans le gneiss, c'est-à-dire au sud de la zone frontière. Ces filons sont dirigés par E. 70°S. d'après Daubrée (11, p. 305) qui n'indique pas leur inclinaison ni leur épaisseur. Ils furent exploités par deux galeries, dont l'entrée, encore visible, est située à 450^{m} d'altitude. Le remplissage des filons se compose de quartz et de calcite avec de la tétraédrite, de la galène et de la chalcopyrite. De Dietrich indique (3, p. 203) que le « minerai d'argent » est accompagné par de la calcite, celui de cuivre par du quartz. Les échantillons que j'ai pu trouver sur les haldes présentent peu de chalcopyrite et de galène sur du quartz et englobés dans la calcite.

Les filons de Goutte du Moulin ont dû fournir autrefois beaucoup de minerai; du moins de Diétrich a-t-il vu des échantillons très riches provenant de l'ancienne exploitation.

Cornelia.

Un filon, qui affleure dans le gneiss sur la pente occidentale du « Ramchis » et tout près du sommet de cette montagne, a été nommé « Cornelia » lors des dernières recherches. La courte galerie d'exploitation s'ouvre à 510^{m} d'altitude. Ce filon a fourni peu de chalcopyrite; je n'ai pu recueillir aucun renseignement sur son orientation ni sur ses autres caractéristiques. Il n'est pas nommé dans les ouvrages cités.

Théophile.

Le nom de Théophile a été donné récemment à un filon affleurant à la même altitude et à 250^{m} au nord du filon précédent. C'est probablement un de ceux qui étaient compris

sous la dénomination de « Champ Brécheté » dans les ouvrages anciens. Peut-être les observations de Daubrée sur ce qu'il appelle le filon du Champ Brécheté (*voir* plus loin) se rapportent-elles au filon de Théophile. Quoi qu'il en soit, je n'ai pu obtenir sur ce filon d'autre renseignement que l'indication des minéraux qu'il renferme, et qu'on peut encore récolter sur le tas de déblais récents : galène et chalcopyrite dans une gangue de quartz ferrugineux. Les mêmes minéraux qui se sont trouvés au fond du vallon, en dessous des mines, proviennent très probablement de ce filon. L'ancienne galerie d'exploitation a été déblayée en partie en 1899.

Champ Brécheté.

« Champ Brécheté » est le nom employé actuellement à Urbeis pour désigner le versant sud du sommet du chaînon qui sépare ce village de la vallée de Charbes. Plusieurs filons affleurent sur ce versant dans le granit de la « Grenzzone » ; à en juger d'après les haldes fort étendues, l'exploitation de ces filons a dû être active. Daubrée donne (11, p. 305) E. 50°S. comme orientation et 60^{cm} d'épaisseur à l'un de ces filons, qui est presque perpendiculaire, et qui a fourni, selon le même auteur, de la tétraédrite, de la chalcopyrite, de la galène, de la stibine (?), de la blende jaune et de la sidérite dans du quartz, ainsi que de la limonite et de la pyrolusite comme produits de décomposition. Actuellement on ne trouve plus que de fort beaux cristaux de quartz sur les haldes presque recouvertes par la végétation. La présence de la stibine dans ces filons est surtout fort intéressante, si Daubrée ne fait pas erreur.

Haute Landzoll.

Daubrée donne (11, p. 305) ce nom au faîte situé à l'ouest et tout près de Champ Brécheté, où affleurent deux filons « qui forment la partie supérieure » des précédents. On y voit plu-

sieurs excavations et deux puits, dont l'orifice se trouve à 610m d'altitude.

Schnarupt.

Schnarupt est le nom d'un affluent de droite du Giessen d'Urbeis. Près du confluent des deux ruisseaux se trouvent deux filons découverts récemment dans le gneiss; leur inclinaison est N. 50° E. et N. 25° E. et ils renferment de la chalcopyrite dans une gangue quartzeuse et barytique. On a trouvé aux affleurements des masses assez importantes de limonite dont les cavités sont tapissées de fort beaux cristaux d'aragonite aciculaire.

Montagne des Coltes.

« Montagne des Coltes » est le nom du versant au pied duquel est situé le village d'Urbeis et qui porte les ruines du château de Bilstein. C'est aussi le nom commun des mines qui exploitèrent les filons de cette montagne. Daubrée (11, p. 305) et de Diétrich (3, p. 204) ne connaissent, à vrai dire, qu'un seul filon, celui qui porte le nom de « Blitz ». Ce filon était exploité par une galerie déjà décrite par Graffenauer (4, p. 200); il se dirige vers S. 35° E. et plonge de 30° vers l'est. Il a fourni de la chalcopyrite, de la galène, peut-être de la tétraédrite dans une gangue de quartz, de fluorine et de calcite. Cette mine a été en exploitation pendant plusieurs années à partir de 1895.

A l'est de la galerie de Blitz on en voyait encore une autre il y a quelques années tout près de la ferme de Gravier. Tous renseignements font défaut sur le filon exploité par cette galerie.

A l'ouest et un peu au-dessous des ruines se trouve un filon, à la lisière de la zone frontière vers les schistes de Villé. Tout ce qu'on en sait est qu'il a produit de la galène.

Une quatrième mine enfin se trouvait, selon les dires des habitants, au bas de la Montagne des Coltes; ils lui donnent les noms de Mine du village, Mine blanche et Mine du château.

Il est vrai que ces deux derniers noms se rapportent souvent à la mine « Blitz ». Quoi qu'il en soit, on a découvert ici vers 1890 deux filons, dont l'un se dirige vers E. 75°S. et plonge de 42° vers l'ouest, tandis que le second est orienté du sud au nord et plonge de 55° vers l'ouest.

Ces deux filons ont fourni de la galène et de la chalcopyrite dans du quartz.

Saint-Nicolas.

L'ancienne mine de Saint-Nicolas se trouvait sur la route même et à 430^{m} à l'ouest du clocher d'Urbeis. Le filon est vertical d'après Daubrée (11, p. 306) et se dirige vers E. 45°S. Il affleure dans le gneiss tout près de la zone frontière. La gangue se compose de quartz et de sidérite, les minerais indiqués sont la chalcopyrite, la galène argentifère et la blende en grandes quantités; il n'est plus possible d'en trouver des échantillons. L'entrée de la galerie éboulée laisse passer un filet d'eau ferrugineuse qui a fait donner à la mine le nom de « Rouge eau. »

Daubrée et de Dietrich (3, p. 206) parlent tous deux de deux autres filons situés dans le voisinage, et dont l'un pourrait être identique avec celui d'Aptingoutte (*voir* plus loin, p. 207).

Goutte Henry.

L'ancienne mine de Goutte Henry se trouvait dans le vallon du même nom à 200^{m} à peu près au nord de la route, à l'ouest de la Montagne des Coltes, et non à l'est, comme Daubrée (11, p. 305) et de Dietrich (3, p. 205) l'indiquent par erreur. Le filon se dirige vers E. 15°S. selon Daubrée et plonge de 60° à 70° vers le nord-est selon de Dietrich, qui y a encore vu un puits de 26^{m} et une galerie de 150^{m} communiquant avec lui à son sol. Selon Graffenauer (4, p. 177 et 251) l'épaisseur du filon serait de six pouces; il a fourni de la galène contenant

deux onces d'argent au quintal. De Dietrich parle aussi de sidérite et de blende; le minerai a dû être assez pauvre, car il le désigne comme « mine à boccard ». La galène et la blende se trouvent encore en très petites quantités sur les haldes. La mine est une de celles qui furent exploitées vers 1780, puis reprises pour peu de temps en 1844.

La Chapelle.

Le filon de la Chapelle affleure dans le gneiss à proximité de la zone frontière, à 200^{m} au sud de la douane d'Urbeis. Il se dirige d'après Daubrée (11, p. 306) vers E. 45°S. et pourrait ainsi fort bien être identique avec le filon de « Donner » qui affleure au nord-ouest à peu de distance, et possède la même direction. La galène et la chalcopyrite sont indiquées comme ayant été fournies par ce filon.

Daubrée relate en outre qu'on a découvert en 1845, à peu de distance, un filon se dirigeant vers E. 10° S. et renfermant de la stibine dans une gangue quartzeuse et pyriteuse. Il ne m'a pas été possible, malheureusement, d'obtenir le moindre renseignement sur ce filon si intéressant; toute trace s'en est perdue sur le terrain. La stibine n'est indiquée à Urbeis que par Daubrée; Graffenauer dit expressément (4, p. 263) que la stibine n'a jamais été trouvée à Urbeis, « comme on l'a cru ».

Donner.

La « mine d'argent et de plomb de Donner » est d'origine toute récente : 1894. Les bâtiments de la mine se trouvent à 419^{m} d'altitude dans le fond de la vallée à côté de la douane.

Le filon exploité ici se dirige vers E. 60° S. et plonge de 70° vers le nord-est; sa puissance totale varie beaucoup, car il est fort divisé; le plus souvent toutefois la zone métallifère ne dépasse pas 4^{m} d'épaisseur. Le filon affleure dans la « Grenzzone » dans un granit modifié et caractérisé par de grandes mâcles d'orthose.

Le filon renferme, dans une gangue de quartz, de sidérite et de spath perlé, de la galène, de la chalcopyrite et excessivement peu de tétraédrite. Ces minerais sont fortement oxydés et ont fourni par décomposition de la limonite, de la mélaconite et de la malachite.

La paragenèse des veinules est différente selon que celles-ci sont métallifères ou non. Dans le premier cas le minéral primitif est le quartz, puis viennent la dolomite ou le spath perlé, la galène, une seconde couche de quartz, la chalcopyrite, la tétraédrite, enfin les produits de décomposition. Très rarement la galène se retrouve à l'état cristallisé accompagnant la tétraédrite. Les veinules non métallifères sont remplies par plusieurs couches alternantes de quartz et de sidérite. Le quartz de la première génération est fibreux et peu translucide, tandis que celui de la seconde est bien cristallisé et presque hyalin, mais le plus souvent recouvert d'une couche de limonite. La dolomite des veines métallifères a été entièrement dissoute par la suite; je n'en ai rencontré aucun échantillon. La forme de ses rhomboèdres a été conservée grâce aux minéraux de la seconde génération : quartz et galène qui les ont moulés, de sorte qu'ils sont encore parfaitement visibles sous forme de cristaux négatifs.

Un second filon fut découvert plus tard à quelque 30^{m} à l'ouest, de l'autre côté de la vallée, ici fort étroite. Sa direction est très voisine de celle du premier, mais son remplissage diffère beaucoup ; il se compose de quartz et de fluorine violette avec peu de galène.

« Donner » a été exploité de 1894 à 1899 avec interruptions. On a creusé un puits de 45^{m} et le filon a été suivi par quelques galeries, jusqu'à l'abandon des travaux par suite d'infiltrations.

L'un des filons de Donner est probablement identique avec celui de la Chapelle (*voir* plus haut).

Sylvester.

La mine de Sylvester est également d'origine toute récente; son exploitation date de 1894. Le filon, inconnu jusqu'alors, affleure dans le vallon de Fête, à 1250^{m} à l'est du col de Lubine et de la frontière française, à 510^{m} d'altitude, à 1^{km} à l'ouest des anciennes mines les plus occidentales d'Urbeis.

Le filon principal (« Paulgang ») de Sylvester traverse les schistes de Villé et affleure tout près de la lisière nord de la zone frontière; il se dirige vers E. 20° à 25° S. et plonge de 70° à 75° vers le sud. Sa puissance est très grande, grâce à sa division en filonnets; elle oscille entre 5^{m} et 11^{m}. Outre les nombreuses veinules adventives, deux filons importants s'en détachent (« Robertgang » et « Heinrichsgang »), qui atteignent eux aussi de 3^{m} à 4^{m} d'épaisseur totale. Les épontes des filons sont bordées d'un schiste pyriteux et graphiteux, noir et très brillant; les formes en sont parfois fort tourmentées. La chalcopyrite se trouve rarement associée à la pyrite des épontes.

Les filons de Sylvester fournissent un assez grand nombre de minéraux parfois magnifiquement cristallisés, et dont la description nécessitera la plus grande partie de ce travail. Ce sont, pour la gangue : le quartz, la dolomite, la sidérite, plusieurs variétés de spaths ferrifères et magnésifères, la calcite, la fluorine. Les minéraux métalliques sont : la tétraédrite extrêmement prépondérante, la chalcopyrite en petites quantités, très rarement la galène, la blende, la pyrite, la marcassite, la bournonite, la smaltine et l'arsenic natif. La paragenèse n'est pas facile à déterminer, car la gangue est souvent différente selon les filonnets. La sidérite semble toutefois être le minéral le plus ancien, la calcite. la chalcopyrite, le galène et la blende sont au contraire les plus récents. La tétraédrite s'est déposée, soit sur la sidérite, soit

directement sur le schiste ou sur une mince couche de quartz qui le recouvre. Après la tétraédrite se sont déposés les carbonates et enfin les autres minerais. Plusieurs veines ne se composent que de sidérite et d'ankérite, dans les druses de laquelle se rencontrent parfois de petits cristaux de chalcopyrite ; celle-ci ne se trouve en quelque abondance qu'accompagnée de dolomite.

Les filons de Sylvester sont exploités par quatre étages de galeries, réunis par plusieurs puits. Le filon principal a été suivi vers l'ouest jusqu'au grès rouge permien, qu'il ne paraît pas traverser. La mine de Sylvester est la seule encore en exploitation aujourd'hui (1906).

Aptingoutte.

Les différents renseignements sur la mine d'Aptingoutte ne concordent que sur un point : son filon n'a fourni que du cuivre gris argentifère. La situation de la mine est au contraire fort incertaine. Daubrée (11, p. 306) la place près de Saint-Nicolas, et ce probablement sur l'autorité de de Dietrich, qui lui donne le même emplacement lors de la description de cette mine (3, p. 206). A un autre endroit, au contraire (p. 205), de Dietrich dit qu'Aptingoutte est située à l'est d'Urbeis, à une petite demi-lieue du village, sur le bord d'un chemin communal, ce qui ne peut concorder avec la situation de Saint-Nicolas. Aucune mine ne se trouve, d'ailleurs, aussi loin à l'est d'Urbeis, sauf la mine de houille de Lalaye, dont de Dietrich n'a certes pas voulu parler. D'autre part, si l'on ignore actuellement à Urbeis l'existence d'une mine d'Aptingoutte, on connaît un ruisseau du même nom qui se jette dans le Giessen auprès de la douane et dont l'ancien chemin de Lubine emprunte la vallée. Si l'on remplace est par ouest dans la description de de Dietrich, son indication pourrait fort bien se rapporter à un point de cette vallée.

Becquey (6, p. 240) parle du filon d'Aptingoutte comme étant « très large mais très pauvre » et ne contenant que de la tétraédrite. Or, ces caractéristiques correspondent fort exactement à celles du filon de Sylvester, qui affleure au nord-ouest du vallon d'Aptingoutte et se dirige de l'est à l'ouest avec une déviation de 5° à 10° vers le sud (selon le méridien vrai), de sorte que ces deux filons pourraient très bien être identiques. Il est vrai qu'à Sylvester le filon se trouve dans les schistes de Villé, tandis qu'à Aptingoutte il se trouverait, d'après cette hypothèse, dans la zone frontière à sa lisière méridionale.

On a aussi supposé l'identité d'Aptingoutte avec une ancienne galerie visible encore à 200m à l'est de Sylvester. Cette supposition est controuvée par le fait que cette galerie de recherche, fort courte, n'a jamais atteint un filon, comme on l'a constaté lors de son déblaiement, en 1898.

La mine de la Chapelle est située tout près de l'endroit où doit s'être trouvé Aptingoutte, selon les déductions que nous venons de faire, de sorte qu'il est possible que les recherches opérées en 1845, qui auraient mis au jour de l'antimoine sulfuré (*voir* plus haut p. 204) aient eu lieu à Aptingoutte même et que le minerai antimonifère trouvé n'ait été autre que du cuivre gris. Il va sans dire que cette hypothèse tombe d'elle-même si Daubrée a visité en personne le filon et examiné le minerai en question.

Noirceux.

Un filon solitaire affleure près de la chapelle du hameau du même nom sur le territoire de la commune de Fouchy, dans le granite. Hammer (5) est seul à nommer ce village en parlant des Mines du Val de Villé. On peut y voir l'entrée de deux vieilles galeries qui ont été partiellement déblayées dans les dernières années. On y a trouvé de la chalcopyrite

en partie décomposée en limonite et malachite dans une gangue quartzeuse.

2. — Filons de Charbes.

Tous les filons de Charbes affleurent dans les schistes de Villé, sur le versant méridional ou au sommet du chaînon du Honel, situé entre le Val de Steige et le Val de Charbes, qui fait partie de la commune de Lalaye. Ces filons sont tous antimonifères, parfois aussi zincifères; aucun d'eux n'a fourni du cuivre ou du plomb. Ce sont, de l'est à l'ouest, et désignés par des noms usités dans le pays, les suivants :

Honilgoutte, Trou du Loup, Mine, Beheu et Pransureux.

Honilgoutte.

Les filons de Honilgoutte ont été reconnus vers le haut du vallon de « Couronne » sur le versant sud du Honel, à une altitude moyenne de 470^{m}. Ils sont extrêmement divisés et tourmentés; leur épaisseur varie de quelques centimètres à plusieurs mètres. Le filon principal « Georggang » et les deux plus importants filons latéraux « Henri » et « Paulette », se dirigent presque exactement de l'est à l'ouest par rapport au méridien vrai; d'autres filonnets très courts mais parfois très épais ont des directions variées d'après Daubrée (11, p. 304). Ces amas n'ont parfois qu'une quinzaine de mètres de longueur totale. Le remplissage des filons se compose de débris de la roche avoisinante, un schiste argileux vert clair, cimentés par du quartz, dans les druses duquel se trouve la berthiérite et rarement la stibine, en masses fibro-bacillaires ou en petits cristaux aciculaires. Quelques renflements des filons renferment des masses de spath brunissant, souvent complètement imprégnées de fines aiguilles de berthiérite. La barytine s'y rencontre parfois dans les mêmes

conditions. La pyrite est quelquefois concentrée en masses grenues aux épontes des filons, où se trouvent aussi rarement de grandes quantités de petits cristaux de mispickel.

La mine de Honilgoutte a fourni presque tous les échantillons de minéraux d'antimoine répandus dans les vieilles collections et étiquetés comme provenant de Charbes ou du Val de Villé. Elle a été réexploitée à partir de 1894 et a occupé en 1900 jusqu'à 148 ouvriers. Les travaux y ont cessé vers 1902.

Trou du Loup (Wolfsloch).

A 500^{m} au nord du hameau de Charbes se trouve le vallon du Trou du Loup, dans la partie supérieure duquel ont été découverts deux filons se dirigeant de l'est à l'ouest et formant ainsi plus que probablement la continuation de ceux de Honilgoutte, dont ils ne sont distants que de 600^{m}. Le remplissage de ces filons est exactement le même qu'à Honilgoutte, sauf que la berthiérite semble y être encore plus prépondérante.

Trois galeries et un puits sont encore visibles au Trou du Loup; ils ont été cités par Daubrée (11, p. 304) et Graffenauer (11, p. 262). Une de ces galeries a été déblayée vers 1899 et le filon suivi vers l'est sur une petite distance.

Mine.

A 1^{km} à peu près au nord du Trou du Loup se trouve la ferme de « Mine » située un peu au-dessous du faîte du chaînon sur le territoire de Steige. Le nom de cette ferme indique l'existence d'une ancienne exploitation à cet endroit, et une halde presque effacée par la végétation s'y voit encore en effet, bien qu'elle ne soit citée dans aucun ouvrage. Un filon a été découvert en 1900 à 300^{m} au sud de cette ferme; on pouvait y voir encore, en 1904, l'entrée de deux galeries d'exploitation, maintenant disparues, à 525^{m} d'altitude et une petite

halde. Le filon, dont la direction m'est inconnue, se compose d'un certain nombre de veinules de 3cm d'épaisseur maxima, qui ont fourni de la stibine, de la blende et de la pyrite dans du quartz. Blende, stibine et quartz forment parfois un mélange intime, grenu, présentant un éclat gras assez curieux.

Des géodes tapissées de cristaux aciculaires de stibine se rencontrent assez rarement; en général, le filon est extrêmement pauvre. Quelques filonnets non métallifères, dont le remplissage est constitué uniquement par de la dolomite, s'épaississent parfois pour former des druses tapissées de beaux rhomboèdres. Les fentes de la roche schisteuse grise sont recouvertes de très nombreux faisceaux de cristaux brun rouge d'un sulfate ferrique voisin du botryogène, qui provient de la décomposition de la pyrite dont le schiste est imprégné.

Beheu et Pransureux.

Une ancienne halde se voit près de la ferme de « La Poutrace » dans le vallon de Beheu ; à 900m au nord, tout près de la ferme « Pransureux », se trouve un grand tas de pierres provenant également d'une halde. On n'y trouve plus trace d'un minerai quelconque; par contre, le quartz filonnien s'y rencontre en grandes quantités et en masses spongieuses produites par la dissolution de nombreux cristaux de calcite ou de dolomite dont les formes se voient encore. Je n'ai aucun renseignement sur ces anciennes mines.

3. — Filons de Triembach.

Les deux filons de Triembach traversent le grès rouge permien « Rotliegende » de Triembach, à l'est de Villé, c'est-à-dire assez loin des filons décrits jusqu'ici; ils affleurent près du chemin de Triembach au hameau de Sauloch. Bien que ces filons aient donné lieu récemment à une tentative d'exploitation, je n'ai pu apprendre leur direction ni leur épais-

seur. Daubrée (11, p. 307) et Graffenauer (4, p. 200) indiquent comme se trouvant à Triembach la tétraédrite et la chalcopyrite; Becquey (6) y admet en outre, probablement par erreur, l'existence du plomb et de l'argent. Le remplissage des filons se compose d'un granite altéré à orthose rosée, dont les éléments sont souvent cimentés par la tétraédrite. Les produits de décomposition sont particulièrement intéressants; ce sont l'azurite en assez grande quantité, la malachite, la tirolite, l'atacamite, la chrysocolle, la pharmacosidérite, enfin la pyrolusite et la limonite, cette dernière souvent en pseudomorphoses d'après la sidérite ou un spath brunissant.

Une galerie et un puits sont encore visibles à Triembach, ainsi que les tas de déblais récents; les anciennes haldes, par contre, sont actuellement plantées en vignes.

DESCRIPTION DES MINÉRAUX.

Les filons du Val de Villé ont fourni les minéraux suivants :

I. *Minerais de cuivre et produits de décomposition*, — Chalcopyrite, tétraédrite, mélaconite, azurite, malachite, tirolite, atacamite, chrysocolle.

II. *Minerais de plomb.* — Galène, bournonite.

III. *Minerai de zinc.* — Blende.

IV. *Minerais d'antimoine et d'arsenic et produits de décomposition.* — Arsenic natif, stibine, berthiérite, kermésite, stibiconite.

V. *Minéraux ferrifères et minéraux analogues.* — Pyrite, mélantérite, botryogène, marcassite, mispickel, hématite, limonite, pharmacosidérite, sidérite, smaltite, pyrolusite.

VI. *Minéraux des gangues.* — Quartz, calcédoine, fluorine, calcite, dolomite et spaths brunissants, aragonite, barytine, graphite.

VII. *Minéraux dont la présence dans le Val de Villé est douteuse.* — Or natif, argent natif, cobaltine.

I. — *Minerais de cuivre.*

Chalcopyrite.

La chalcopyrite s'est trouvée dans les filons suivants : Donner, Sylvester, Goutte du Moulin, La Chapelle, Champ Brécheté, Montagne des Coltes, Saint-Nicolas, Noirceux et Triembach. Elle n'existe à ma connaissance en cristaux qu'aux trois premières localités.

A. *Chalcopyrite de « Donner ».*

La chalcopyrite, accompagnée de galène et de fort peu de blende et de tétraédrite, est le minerai principal de la mine de Donner. Elle se présente très souvent en cristaux, malheureusement presque toujours fortement altérés, de sorte que leur forme, même après enlèvement de la couche de limonite et de mélaconite qui les recouvre, reste le plus sou-

vent indéterminable. Quelques-uns paraissent être formés par la deutéropyramide $a^{\frac{1}{2}}(201)$. Les cristaux frais sont rares; ils sont accompagnés, dans ce cas, de spath perlé, qui a disparu par dissolution partout ailleurs. Ils sont assez brillants, mais non mesurables; on reconnaît cependant qu'ils présentent $+\frac{1}{2}b^{\frac{1}{2}}(111)$ dominant, avec de petites facettes $-\frac{1}{2}b^{\frac{1}{2}}(1\bar{1}1)$, plus rarement $p(001)$ et $a^1(101)$. Les faces des sphénoèdres sont courbes et fortement striées, soit horizontalement, soit parallèlement à leurs arêtes avec (101). Les cristaux n'atteignent que rarement 5^{mm}.

B. *Chalcopyrite de « Sylvester »*.

La chalcopyrite se rencontre à Sylvester comme minerai accessoire accompagnant, avec la galène et la blende, la variété argentifère et peu arsénifère de tétraédrite. Elle n'est pas altérée et ne montre que rarement des colorations superficielles rouges ou bleues. L'examen chimique, fait spécialement en vue d'y déterminer une teneur en or, n'a eu aucun résultat.

La chalcopyrite de ce gisement n'est, le plus souvent, qu'indistinctement cristallisée. Les cristaux atteignent jusqu'à 10^{mm}, mais offrent une structure polysynthétique empêchant toute mesure exacte; ils ont une apparence sphénoédrique, causée non pas par la présence de $\frac{1}{2}b^{\frac{1}{2}}$, mais par celle de $a^{\frac{1}{2}}$ très inégalement développé. Ces grands cristaux ne montrent hors $a^{\frac{1}{2}}$ que des facettes rares et indistinctes.

Les petits cristaux, au contraire, ne dépassant pas $2^{mm},5$ de plus grande dimension, qui se sont formés en dernier dépôt sur de beaux cristaux de dolomite, sont parfois étonnamment riches en formes. Ils sont, il est vrai, mâclés presque sans exception, ce qui rend les mesures souvent mauvaises. C'est

pourquoi quatre seulement de ces cristaux ont été mesurés; les formes observées sont les suivantes :

Prismes : $m(110)$?
$h'(100)$

Sphénoèdres positifs : $\frac{1}{2}b^{\frac{1}{4}}x(221)$?
$\frac{1}{2}b^{\frac{1}{2}}x(111)$
$*\frac{1}{2}b^{\frac{4}{5}}x(558)$
$\frac{1}{2}b^{\frac{9}{4}}x(229)$

Sphénoèdre négatif : $-\frac{1}{2}b^{\frac{1}{2}}x(1\bar{1}1)$

Deutéropyramides : $*a^{\frac{3}{11}}(11.0.3)$
$a^{\frac{1}{2}}$ (201)
$a^{\frac{4}{7}}$ (704)
$a^{\frac{2}{3}}$ (302)
$a^{\frac{20}{31}}(31.0.20)$
$a^{\frac{7}{9}}$ (907)
$a^{\frac{4}{5}}$ (504)
a^{1} (101)
$a^{\frac{3}{2}}$ (203)

Les deux formes précédées d'un astérisque n'ont pas été observées jusqu'ici.

Les quatre cristaux mesurés se rapportent à trois types différents caractérisés par la prédominance de $b^{\frac{1}{2}}(111)$, $a^{\frac{1}{2}}(201)$ et $a^{\frac{4}{5}}(504)$.

Type I. — Les formes positive et négative conjuguées de $b^{\frac{1}{2}}$ ne se différencient ni par la taille, ni par l'état de leurs faces. Tous les cristaux se rapportant à ce type sont mâclés sui-

vant $b^{\frac{1}{2}}$. Le cristal mesuré possède les formes suivantes :

$$+\tfrac{1}{2}b^{\frac{1}{2}},\ -\tfrac{1}{2}b^{\frac{1}{2}},\ a^{\frac{1}{2}},\ a^{1}.$$

Les faces de $a^{\frac{1}{2}}$ et de a^{1} sont éclatantes, celles de a^{1} très étroites. Les deux individus de la mâcle sont à peu près de même grandeur; ils ne dépassent pas $1^{mm},2$ d'arête.

Type II. — $a^{\frac{1}{2}}$ est prédominant.

Les grands cristaux cités plus haut appartiennent à ce type; ils ne sont pas mesurables. J'ai pu toutefois enlever de sa gangue d'ankérite un petit cristal de $0^{mm},8$ de plus grande dimension qui m'a fourni de bonnes mesures grâce au grand éclat et au bon état de ses facettes. Voici les formes observées :

$$a^{\frac{1}{2}},\ +\tfrac{1}{2}b^{\frac{1}{2}},\ -\tfrac{1}{2}b^{\frac{1}{2}},\ a^{\frac{1}{7}},\ a^{\frac{20}{31}},\ a^{1},\ a^{\frac{3}{2}},\ a^{\frac{2}{3}}.$$

$a^{\frac{1}{2}}$ est développé irrégulièrement; les faces de $b^{\frac{1}{2}}$ tronquent les arêtes de cette pyramide non par des surfaces planes, mais en formant des plaques de grandeur décroissante superposées en escalier. Ces plaques sont limitées sur les côtés par $a^{\frac{1}{2}}$ et vers le haut par a^{1}, ce qui produit sur les troncatures l'effet de stries convergentes parallèles aux arêtes de $b^{\frac{1}{2}}$ avec a^{1}. $a^{\frac{1}{7}}$ donne un reflet allongé; $a^{\frac{3}{2}}$ et a^{1} forment de petites facettes, tandis que $a^{\frac{20}{31}}$ [déjà observée par Baumhauer (1)] est développée assez largement aux dépens de $a^{\frac{2}{3}}$. $a^{\frac{1}{7}}$ a été observée sur les cristaux de Kis-Almas (Hongrie) par Franzenau (2).

(31.0.20):(001)	mesuré :	56°,42′	Calculé....	56°,42
(704):):(001)	»	60°,15′ approx.	»	59°,45

(1) *Zeits. f. Kryst.*, t. XXXI, p. 269.
(2) *Zeits. f. Kryst.*, t. XXVII, p. 95.

(Les angles avec la base sont déduits des angles avec a^1, en admettant que $a : c = 1 : 0,9856$.)

Un second cristal du même type est une mâcle triple suivant $b^{\frac{1}{2}}$; deux des composants sont beaucoup plus petits que le troisième. Il mesure 6mm et 8mm d'arête, mais son développement laisse beaucoup à désirer. Il présente les formes :

$$a^{\frac{1}{2}},\ +\tfrac{1}{2}b^{\frac{1}{2}},\ a^{\frac{4}{7}},\ -\tfrac{1}{2}b^{\frac{1}{2}},\ a^{\frac{7}{9}},\ a^1,\ a^{\frac{3}{2}},\ +\tfrac{1}{2}b^{\frac{9}{4}},\ [+\tfrac{1}{2}b^{\frac{1}{2}}?,\ m?].$$

Ces deux dernières formes sont douteuses, parce que le cristal est déformé par suite du mâclage à l'endroit où ces faces apparaissent et qu'elles ne donnent que des images confuses. Les facettes de $\pm\frac{1}{2}b^{\frac{1}{2}}$ sont formées de la même façon que celles du cristal précédemment décrit, sauf que le sphénoèdre positif est plus développé que $-\frac{1}{2}b^{\frac{1}{2}}$. $a^{\frac{7}{9}}$ et $a^{\frac{4}{7}}$ sont représentés par de grandes facettes striées horizontalement et mal réfléchissantes; celles de a^1 et $a^{\frac{3}{2}}$ sont au contraire petites et très brillantes. $+\frac{1}{2}b^{\frac{9}{4}}$ n'est représenté que par une seule petite facette. Cette forme a été observée à Redruth (1), $a^{\frac{7}{9}}$ à Kis-Almas (2)

(229):(001)	mesuré :	17°, 5′	Calculé.....	17°, 2′
(907):(001)	»	51°,46′	»	51°,43′

Type III. — $a^{\frac{4}{5}}$(504) domine.

Le plus beau cristal d'un échantillon en présentant un grand nombre implantés sur rhomboèdres de dolomite ne mesure que 0mm,8 de plus grande dimension, mais ses faces sont planes et c'est le seul qui ne soit pas mâclé polysinthé-

(1) Lewis et Hall (*Min. Soc.*, London, t. XII, 1900, p. 324).
(2) Franzenau (*Op. cit.*).

tiquement. Ce cristal est extrêmement curieux par la prédominance de la forme rare $a^{\frac{4}{5}}$, accompagné du sphénoèdre nouveau $+\frac{1}{2}b^{\frac{4}{5}}$ qui tronque ses arêtes alternes. La présence de b^1 fait ressembler ce cristal à une combinaison cubique de l'octaèdre avec le dodécaèdre. Les formes $a^{\frac{1}{2}}$ et $a^{\frac{3}{11}}$ sont représentées par de petites facettes, de sorte que le cristal présente la combinaison suivante :

$$a^{\frac{4}{5}},\ b^1,\ +\tfrac{1}{2}b^{\frac{4}{5}},\ a^{\frac{1}{2}},\ a^{\frac{3}{11}}.$$

Les faces de $a^{\frac{4}{5}}$ sont brillantes et planes, mais striées horizontalement. $a^{\frac{1}{2}}$ est fortement strié de la même manière et donne des reflets très étendus; $a^{\frac{3}{10}}$ est représenté par deux facettes étroites. Voici les incidences observées que je donne en détail, étant donné la singularité de la combinaison. ($a^{\frac{4}{5}}$ n'a été observé qu'à Clausthal avec des faces très réduites [1].

(504):(100)	mesuré	38°,56′		
Meilleures mesures		39, 1 39, 0		
Moyenne		38,59	Calculé ...	39°, 4′
(11.0.3):(100)	mesuré	15, 9 15,33	Calculé ...	15°,30′

C. *Chalcopyrite de « Goutte du Moulin ».*

Les tas de déblais des deux anciennes mines de Goutte du Moulin m'ont fourni quelques échantillons de chalcopyrite en cristaux indistincts de 1^{mm} à 2^{mm} de plus grandes dimensions. Ils sont accompagnés de galène, englobés dans de la calcite, et implantés sur quartz.

Je n'ai pu me procurer d'échantillon de chalcopyrite des

---

(1) Luedecke, *Mineralogie des Harzes*, 1896, p. 114.

autres mines d'Urbeis citées plus haut. A Triembach, la chalcopyrite ne se trouve pas cristallisée à ma connaissance, de même qu'à Noirceux. Les filons de Charbes et de Lalaye n'ont pas fourni de chalcopyrite.

Tétraédrite.

La tétraédrite s'est rencontrée à Urbeis, dans les filons de « Donner », « Sylvester », « Goutte du Moulin », « Champ Brécheté », « Aptingoutte » et dans ceux de Triembach. Seuls les deux premiers gisements ont fourni des cristaux distincts.

A. *Tétraédrite de « Donner ».*

La mine de « Donner » n'a produit qu'extrêmement peu de tétraédrite, comme accident minéralogique fort rare. Je n'en connais que trois échantillons, tous les trois avec cristaux; ceux-ci sont implantés sur le quartz des géodes accompagnés de chalcopyrite, de spath perlé et rarement de galène, qui possède exactement la même coloration et le même éclat. Ils semblent former le dépôt le plus récent. Le spath a disparu de l'un des échantillons et les minerais de cuivre se sont partiellement décomposés et recouverts d'une couche épaisse de limonite.

La tétraédrite des autres échantillons par contre a gardé son éclat primitif.

Les cristaux de ces trois échantillons appartiennent à trois combinaisons différentes :

1. $+\frac{1}{2}a^1$, $+\frac{1}{2}a^2$;
2. $+\frac{1}{2}a^1$, $+\frac{1}{2}a^2$, b^1;
3. $+\frac{1}{2}a^1(411)$, $+\frac{1}{2}a^2$, p, $+\frac{1}{2}a^1$.

Combinaison 1 : Les cristaux ne mesurent en moyenne que $0^{mm},6$ d'arête. Le tétraèdre est dominant, mais $\frac{1}{2}a^2$ est aussi très développé.

Combinaison 2 : Les cristaux atteignent 3^{mm} d'arête et montrent le tétraèdre fortement prédominant, tandis que $\frac{1}{2}a^2$ et b^1 sont réduits à de très petites facettes. L'échantillon présente une mâcle par pénétration fort régulière, les deux tétraèdres ayant une face en commun. Les deux composants possèdent aussi des facettes linéaires de $\frac{1}{2}a^2$.

Combinaison 3 : Le seul cristal de cet échantillon fortement altéré a 6^{mm} d'arête et présente les quatre formes indiquées plus haut et déterminées par des mesures approximatives après enlèvement de la couche de limonite. Il se rapproche beaucoup comme forme des cristaux de tétraédrite argentifère de Sylvester que nous allons décrire; il montre comme eux les formes de la zone [(111), (100), ($\bar{1}$11)] oscillant fortement entre elles et donnant au cristal une apparence arrondie.

B. Tétraédrite de « Sylvester ».

La tétraédrite est le minerai dominant de la mine de Sylvester. Elle forme l'élément constitutif du filon décrit plus haut, accompagnée de peu de chalcopyrite, de galène et de blende, plus rares encore dans une gangue composée de sidérite, de dolomite et de quartz. Les géodes de ce filon, toujours de petite taille, sont tapissées soit de carbonates cristallisés, soit de cristaux de tétraédrite; ces derniers peuvent prendre place, par leur beauté et leur extrême richesse en formes, parmi les plus intéressants de cette espèce minérale.

La tétraédrite se rencontre à Sylvester en deux variétés absolument différentes tant au point de vue chimique qu'au point de vue physique, si bien qu'il est facile de les distinguer à première vue. Il ne m'a malheureusement pas été possible d'élucider comment les deux variétés se répartissent localement sur les filons.

La première variété, riche en arsenic et pauvre en argent, semble du moins ne se trouver que près de l'affleurement des

filons, et faire place en profondeur à la variété pauvre en arsenic et riche en argent. En effet, tous les échantillons, relativement assez rares, de cette première variété n'ont été recueillis qu'au commencement des travaux, plus jamais ensuite.

Voici la constitution chimique des deux variétés :

	I. Variété arsénifère pour 100.	II. Variété argentifère pour 100.
Cu	38,15	34,15
Ag	traces	5,94
Pb	0,53	—
Fe	3,77	3,79
Zn	5,05	4,86
As	6,75	1,21
Sb	17,47	25,24
Bi	1,63	—
S	25,58	25,22
Somme	98,93	100,41

Ce qui frappe le plus dans ces chiffres, c'est surtout, à côté de la teneur importante en zinc, l'existence du bismuth dans la variété arsénifère. Bien qu'il soit prouvé que plusieurs autres tétraédrites, en particulier celles de la Forêt-Noire, contiennent aussi ce métal, une teneur de presque 2 pour 100 n'en est pas moins remarquable. Elle pouvait s'expliquer par la présence de particules de bismuth natif disséminées dans la masse des cristaux, et c'est pourquoi j'ai essayé de les mettre en évidence par le traitement, par l'acide nitrique, d'un cristal artificiellement poli, selon la méthode employée avec succès par Baumhauer.

J'ai réussi à dégager par ce moyen quelques parcelles microscopiques possédant une couleur blanc rosé et un éclat métallique se rapprochant beaucoup de celui du bismuth.

Quoi qu'il en soit, ce traitement par l'acide a démontré que même les cristaux les mieux formés ne sont pas homogènes, de sorte qu'on peut supposer que la haute teneur en zinc, constatée dans les deux variétés, s'explique par la présence de sulfure de zinc mélangé mécaniquement à leur masse.

Cette hypothèse est rendue plausible par le fait de l'antipathie que le zinc semble éprouver envers l'arsenic et l'antimoine; en effet, quand le zinc se rencontre dans la nature en même temps que ces éléments, il se dépose toujours à part sous forme de blende, et il n'existe dans la grande famille des sulfantimoniures et des sulfarséniures naturels aucun minéral contenant du zinc en quelque abondance. Une excellente illustration de cette incompatibilité du zinc avec les métalloïdes trivalents est fournie par le gisement métallique dans la dolomite du val de Binn (Valais), où le zinc, très commun sous forme de blende, n'est jamais contenu dans l'un quelconque des nombreux sulfarséniures qui s'y trouvent. Seuls parmi les minéraux arsénifères et antimonifères la jamesonite, la pearceïte et l'énargite ont parfois une teneur en zinc se montant à 3 pour 100; mais dans ces cas les analyses ont toujours été faites avec du minerai non cristallisé et inhomogène.

Le calcul de la formule de la tétraédrite de Sylvester nous fournit un second argument en faveur de l'hypothèse de la cristallisation séparée de la blende dans la masse du sulfosel. Petersen [1] avait déjà soupçonné que la formule chimique des tétraédrites s'exprimait par $3\,RS.Q^2S^3$ ($R = Cu^2, Ag^2, Fe, Zn$; $Q = As, Sb$) et non par $4\,RS.Q^2S^3$, comme l'écrivait Rose; Spencer et Prior [2] démontrèrent que la formule de Petersen représentait exactement la constitution de la tennantite pure.

---

(1) *N. Jahrbuch*, 1870, p. 458.
(2) *Min. Soc. London*, 1899, XII, p. 193.

Ils admettent pour les tétraédrites contenant du fer et du zinc le mélange isomorphe de $3\,Cu^2S.\,Q^2S^3$ avec un autre sulfosel $6\,RS.\,Q^2S^3$. Tschermak est d'un avis analogue; la formule qu'il admet pour les cuivres gris zincifères est

$$3\,Cu^2\,SbS^3.\ Cu\ Zn^2\ Sb\,S^4.$$

Or, le calcul des analyses dont les résultats sont donnés plus haut conduit, si le zinc est laissé de côté, au rapport suivant entre RS et Q^2S^3 :

	Variété arsénifère.	Variété argentifère.
$RS : Q^2S^3$....	3,07 : 1	3,21 : 1

soit une concordance relativement bonne avec la formule d'un orthosulfosel : $R^3Q^2S^6$, déjà adoptée par Hintze. Au contraire, si l'on admet le zinc dans le calcul, on a le rapport suivant, beaucoup moins bon :

$RS : Q^2S^3$....	3,73 : 1	3,86 : 1

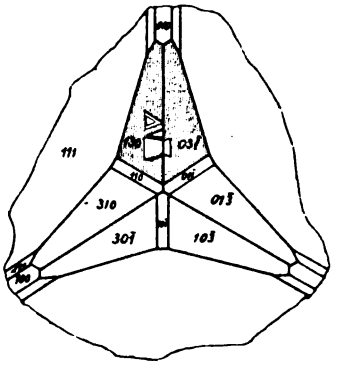
Voici, pour faciliter la comparaison entre les deux variétés de tétraédrite de Sylvester, leurs caractéristiques physiques mises en regard :

	I. Variété arsénifère :	II. Variété argentifère :
Densité.....	4,82	5,10.
Dureté.....	3,5 (Dolomite) plus dur que II.	3,5, moins dur que I.
Poussière....	Noire.	Brun noir.
Coloration....	Gris d'acier, parfois légèrement jaunâtre.	Gris d'acier foncé, parfois bleuâtre.
Éclat.....	Métallique très vif, lorsque cristallisé librement; sans éclat lorsque englobé dans calcite.	Eclat métallique très vif.

sieurs jours. Les faces de b^1 et de $\frac{1}{2}a^1$ sont les plus brillantes, ces dernières assez raboteuses, $\frac{1}{2}a^2$ et p sont réduits à de petites facettes, tandis que b^3 forme de grandes faces très bien réfléchissantes. L'incidence $b^1 b^3$ n'oscille qu'entre 26°,25′ et 26°35′ (calculé 26°34′). Les cristaux sont très régulièrement formés et leurs faces également développées.

D'intéressantes figures de corrosion (*voir* figure 3) s'obser-

Fig. 3.



vent sur deux faces adjacentes de b^3 : (03$\bar{1}$) et (130). Ce sont des triangles limités par des lignes sombres et contrastant par leur éclat avec les autres parties des faces, qui n'en ont guère. Deux côtés de ces triangles sont parallèles à deux arêtes de combinaison de (130), celles avec (110) et (010) d'une part, et celle avec (03$\bar{1}$) de l'autre. Le troisième côté du triangle est parallèle à une arête non existante, celle entre les faces de (310) et (11$\bar{1}$) absent.

2. — Tétraédrite argentifère.

La tétraédrite argentifère de Sylvester est extraordinairement riche en formes; je n'en n'ai pas observé moins de 71, dont voici la liste. Les formes nouvelles sont marquées d'un astérisque. Le × indiquant l'hémiédrie dans la notation de

Miller a été supprimé pour plus de simplicité, de même que $\frac{1}{2}$ dans la notation de Lévy.

$+a^1$ (111)
$-a^1$ ($1\bar{1}1$)
b' (110)
p (100)

Hémitrapézoèdres positifs :

$^*a^{\frac{9}{8}}$ (988)
$^*a^{\frac{7}{6}}$ (766)
$^*a^{\frac{13}{10}}$ (13.10.10)
$a^{\frac{4}{3}}$ (433)
$a^{\frac{3}{2}}$ (322)
$a^{\frac{8}{5}}$ (855)?
$^*a^{\frac{5}{3}}$ (533)
$a^{\frac{17}{10}}$ (17.10.10)
$^*a^{\frac{7}{4}}$ (744)
$a^{\frac{9}{5}}$ (955)
$a^{\frac{19}{10}}$ (19.10.10)
$^*a^{\frac{13}{7}}$ (13.7.7)
$^*a^{\frac{15}{8}}$ (15.8.8)
a^2 (211)
$^*a^{\frac{11}{5}}$ (11.5.5)
$^*a^{\frac{9}{4}}$ (944)
$a^{\frac{12}{5}}$ (12.5.5)
$^*a^{\frac{17}{5}}$ (17.5.5)
$a^{\frac{7}{2}}$ (722)?
$^*a^{\frac{18}{5}}$ (18.5.5)
a^4 (411)
$^*a^{\frac{21}{5}}$ (21.5.5)
$^*a^{\frac{22}{5}}$ (22.5.5)
$a^{\frac{9}{2}}$ (922)
$^*a^{\frac{23}{5}}$ (23.5.5)
$a^{\frac{47}{10}}$ (47.10.10)
a^5 (551)
$^*a^{\frac{17}{3}}$ (17.3.3)?
$^*a^{\frac{29}{5}}$ (29.5.5)
a^6 (611)
$^*a^{\frac{31}{5}}$ (31.5.5)
$a^{\frac{13}{2}}$ (13.2.2)
a^{10} (10.1.1)
a^{12} (12.1.1)
a^{24} (24.1.1)
a^{40} (40.1.1)?

Hémitrapézoèdres négatifs :

$-a^2$ ($2\bar{1}1$)
$-a^6$ ($6\bar{1}1$)

Hémitrioctaèdres positifs :

$^*a^{\frac{17}{16}}$ (18.18.17)
$^*a^{\frac{10}{13}}$ (13.13.10)
$^*a^{\frac{3}{4}}$ (443)
$^*a^{\frac{5}{7}}$ (775)
$a^{\frac{3}{2}}$ (332)
$a^{\frac{5}{8}}$ (885)
$^*a^{\frac{5}{9}}$ (995)
$a^{\frac{1}{2}}$ (221)
$^*a^{\frac{5}{11}}$ (11.11.5)
$a^{\frac{4}{9}}$ (994)
$^*a^{\frac{3}{7}}$ (773)
$a^{\frac{2}{5}}$ (552)
$a^{\frac{1}{3}}$ (331)
$^*a^{\frac{1}{8}}$ (881)?
$^*a^{\frac{1}{9}}$ (991)
$a^{\frac{1}{12}}$ (12.12.1)
$^*a^{\frac{1}{14}}$ (14.14.1)?
$^*a^{\frac{1}{35}}$ (35.35.1)
$^*a^{\frac{1}{62}}$ (62.62.1)?

Tétrahexaèdres : $^*b^{\frac{5}{3}}$ (530)
b^3 (310)
$^*b^4$ (410)

Hémitrioctaèdres négatifs :

$^*-a^{\frac{25}{26}}$ ($26.\overline{26}.25$)
$^*-a^{\frac{25}{28}}$ ($28.\overline{28}.25$)
$^*-a^{\frac{25}{29}}$ ($29.\overline{29}.25$
$^*-a^{\frac{5}{6}}$ ($66\bar{5}$)
$-a^{\frac{2}{3}}$ ($3\bar{3}2$)
$^*-a^{\frac{1}{8}}$ ($8\bar{8}1$

Hexatétraèdre négatif :

$^*b^{\frac{1}{2}}\ b^{\frac{1}{3}}\ b^{\frac{1}{5}}$ ($5\bar{3}2$

Les cristaux ont été orientés de façon à donner aux octants dans lesquels se trouve a^4, et qui sont toujours dominants, le signe positif. Les octants positifs sont caractérisés, outre la prédominance de a^2 et a^4, par des stries constituant souvent de véritables gouttières sur les faces des hémitrapézoèdres et du cube, ou bien par l'oscillation très prononcée de ces formes entre elles, tandis que les faces des hémitrapézoèdres négatifs ne présentent jamais ni oscillations ni stries profondes. Les faces des deux tétraèdres, par contre, qui sont presque toujours présents ensemble, n'ont aucun caractère qui les distingue l'un de l'autre, car ces caractères, tels que dimension absolue et relative, éclat, figures de corrosions, stries, etc. varient d'un cristal à l'autre et manquent absolument de constance. Il est donc impossible d'orienter les cristaux d'Urbeis selon l'apparence des faces des tétraèdres, comme Sadebeck a essayé de le faire pour la tétraédrite d'autres gisements.

Les 71 formes citées plus haut ont été observées dans 26 cristaux et fragments de cristaux. Tous les cristaux plus ou moins entiers, au nombre de 23, appartiennent à autant de combinaisons différentes, qui se rapportent à cinq types. Voici les caractères de ces types :

Type **1.** — $.b^1$ et les formes négatives manquent ou sont très réduites. Les hémitrioctaèdres manquent totalement. Les faces de a^2 et a^4 oscillent très fortement entre elles et avec p, ce qui donne aux cristaux une apparence très arrondie.

Type **2.** — Même prédominance de a^2 et a^4 en combinaison oscillante. Les formes négatives sont bien développées et réfléchissantes ; $-a^1$, toujours présent, est souvent plus développé que $+a^1$.

Type **3.** — $.a^2$ et a^4 dominent ; leurs faces, au lieu d'osciller entre elles, sont au contraire bien délimitées. Mais ces faces, planes et d'un brillant éclat, sont creusées de gouttières

souvent profondes, qui donnent une impression assez analogue, quand elles sont en nombre suffisant, à celle que produit l'oscillation dans les types 1 et 2. Ces gouttières sont toujours parallèles à l'arête (111) (211) et sont limitées en creux par des surfaces planes appartenant à a^1, a^2, a^4 et p, rarement à a^5; elles possèdent des dimensions très variables et ne sont pas disposées également sur les faces. Ces gouttières, de formation certainement postérieure à la cristallisation, doivent peut-être leur existence à la corrosion; les parties des faces qui en sont dénuées montrent parfois d'autres figures de corrosion (*voir* plus bas, p. 254).

Les formes négatives des cristaux du type 3 sont petites ou manquent complètement.

Type 4. — Les cristaux de ce type se distinguent par une extrême richesse de formes; ce sont les plus riches qu'on ait observés jusqu'ici pour la tétraédrite, car même les cristaux célèbres de Dillenburg, de Horhausen, de Botes et de Binn sont loin de leur être comparables à ce point de vue. Ce type ressemble d'ailleurs à celui de la binnite par le grand développement qu'y atteignent le cube et les hémitrioctaèdres, fort rares partout ailleurs. La plupart de ces formes sont, il est vrai, réduites à de très petites facettes, les cristaux eux-mêmes ne dépassant guère 5^{mm} de plus grande dimension; mais le brillant de ces facettes, même des plus petites, est si éclatant que de bonnes mesures sont toujours possibles. Les faces d'une zone sont souvent si nombreuses que les cristaux en paraissent arrondis.

Un trait caractéristique des cristaux des types 4 et 5 consiste en l'existence de faces simulées, reconnaissables à un très faible éclat moiré. Regardées au microscope, ces faces ont une apparence extrêmement rugueuse, causée par la juxtaposition d'une infinité de pyramides, dont les côtés correspondent à des faces adjacentes de la facette apparente.

Les sommets de ces pyramides microscopiques sont tous situés exactement au même niveau, et forment ainsi une surface plane, dont l'incidence avec d'autres faces du cristal peut être mesurée au microscope. Parfois les sommets des pyramides sont tronqués, de façon à faire apparaître réellement la face simulée et à la rendre mesurable au goniomètre. Les côtés des pyramides sont fort brillants et plans, et réfléchissent exactement en même temps que les facettes adjacentes auxquelles ils correspondent. Les faces simulées peuvent se représenter parfaitement par les célèbres figures de décroissance d'Haüy; elles existent entre autres aussi à la magnétite de Traverselle, dont les cristaux présentent le rhombododécaèdre en faces apparentes simulées par les deux faces adjacentes de l'octaèdre.

Le cristal 23 (*voir* plus bas, p. 236) montre par exemple la forme simulée $b^{\frac{5}{3}}$, dont les faces ternes ou moirées donnent des reflets correspondant aux faces de b^1, $-a^1$ et $-a^6$, mais aussi parfois des reflets dans la zone [(110), (100)] donnant le lieu exact de la face (530).

Un autre trait caractéristique des cristaux du type 4 est le grand développement de nombreux hémitrioctaèdres positifs voisins de $a^{\frac{1}{2}}$ (221), qui donnent aux cristaux un faciès très curieux et jamais observé jusqu'ici. Les faces de ces formes sont brillantes, mais moins que celles des hémitrapézoèdres. Cela tient à ce qu'elles sont parfois en partie simulées et que de plus elles oscillent souvent entre elles.

Type 5. — Les cristaux de ce type se distinguent par le parfait développement de la zone [(111), (100), ($\bar{1}$11)] pauvre en formes mais composée de grandes faces très peu striées, sans oscillation. Ces cristaux présentent la forme $b^{\frac{5}{3}}$ à faces drusiques, tandis que toutes les autres faces sont très éclatantes.

C'est aux types 1 et 3 que se rapporte la très grande majorité des cristaux de Sylvester. Ce sont aussi ceux qui ont fourni les plus gros cristaux, dont l'un atteint 16mm de longueur d'arête.

DESCRIPTION DES COMBINAISONS.

Type 1. — Cr. 1 : a^2, a^4, a^1, p.

2 : a^2, a^4, $a^{\frac{9}{5}}$, p, b^1, a^1.

3 : a^4, a^2, p, $a^{\frac{7}{4}}$, $a^{\frac{9}{5}}$, $a^{\frac{17}{10}}$, $a^{\frac{13}{7}}$, $a^{\frac{18}{5}}$, $a^{\frac{17}{5}}$, b^1, b^3, $-a^2$.

De plus, les formes $a^{\frac{12}{5}}$, $a^{\frac{9}{4}}$, et $a^{\frac{15}{8}}$ mesurées sur trois fragments de cristaux du même type.

Type 2. — Cr. 4 : a^4, a^2 p, $-a^1$, b^1.

$-a^1$ strié parallèlement aux arêtes avec b^1. Entre ces deux formes se trouve une zone d'hémitrioctaèdres négatifs vicinaux à $-a^1$ et non mesurables.

5 : a^4, a^2, p, $-a^1$, b^1, $-a^2$, a^1.

a^4 et a^2 alternent en larges bandes. Un cristal du même échantillon porte d'intéressantes figures de corrosion.

6 : a^4, a^2, b^1, $-a^1$, p, $-a^{\frac{2}{3}}$, a^1.

b^1 très plan et largement développé. La face $(1\bar{1}\bar{1})$ est remplacée par un amoncellement de facettes parallèles à $-a^1$, b^1 et $-a^{\frac{2}{3}}$ enchevêtrées.

7 : a^4, a^2, b^1, $-a^1$, $a^{\frac{2}{3}}$, a^1, p.

$a^{\frac{2}{3}}$ est tangent aux arêtes de a^4. Ses faces se montrent disloquées par l'oscillation de a^4 avec a^2.

8 : a^4, a^2, $-a^1$, b^1, p, $-a^{\frac{5}{4}}$, $a^{\frac{7}{5}}$, a^1, $-a^{\frac{2}{3}}$, $-a^{\frac{25}{29}}$, $-a^{\frac{25}{26}}$, $-a^{\frac{25}{24}}$.

Formes négatives parfaitement développées, $-a^{\frac{5}{4}}$ assez

large, les trois vicinales très exactement mesurables. — $a^{\frac{2}{3}}$ très étroit; $a^{\frac{2}{5}}$ comme au Cr, 7.

Type 3. — Cr. 9 : a^4, a^2, a^1, b^1, p, $-a^1$, $-a^6$, $a^{\frac{13}{5}}$.

a^4 peu strié, a^2 d'autant plus, $-a^1$ raboteux, quelques faces de b^1 finement striées parallèlement à $-a^1$; $-a^6$ forme simulée par b^1 et $-a^1$, mais donnant aussi un reflet propre.

10 : a^4, a^5, a^2, a^1.

a^5 délimite les gouttières sur les faces de a^4.

11 : a^2, a^4, $a^{\frac{4}{3}}$, p, $a^{\frac{9}{2}}$, $a^{\frac{19}{10}}$, $a^{\frac{15}{8}}$, a^1.

Relativement peu strié, $a^{\frac{4}{3}}$ ne l'est pas du tout. $a^{\frac{9}{2}}$ très étroit, (19.10.10) et (15.8.8) forment une zone striée entre les faces (433) et (211).

12 : a^4, a^2, $a^{\frac{3}{2}}$, p, $a^{\frac{11}{5}}$, $a^{\frac{9}{4}}$, $a^{\frac{21}{5}}$, a^1.

a^1 extrêmement petit, largement développé par contre sur un cristal contigu. Ce dernier présente des figures de corrosion (*voir* plus bas, p. 254).

Type 4. — Cr. 13 : a^2, p, a^4, b^1, $a^{\frac{5}{7}}$, [b^4], a^1, $-a^1$.

$a^{\frac{5}{7}}$ très étroit, b^4 forme simulée typique, dont l'incidence ne peut être déterminée que par mesure de l'angle plan au microscope.

14 : p, a^4, a^2, $a^{\frac{5}{9}}$, b^1, [b^4], $a^{\frac{1}{35}}$, a^1.

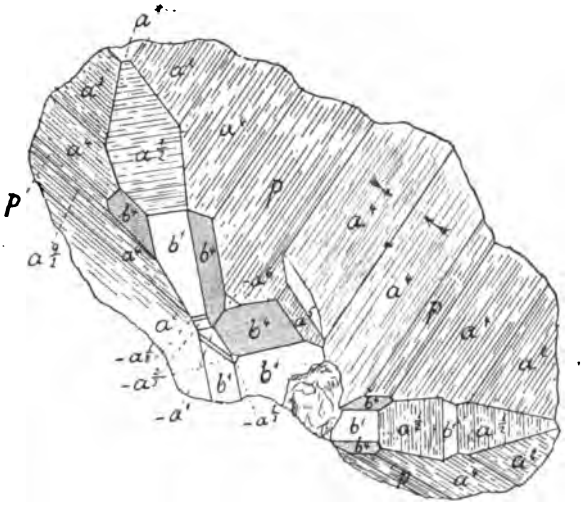
Pour b^4 *voir* 13. $a^{\frac{5}{9}}$ largement développé, mais raboteux, $a^{\frac{1}{35}}$ assez grand.

15 : p, a^2, a^4, b^1, $a^{\frac{1}{2}}$, $a^{\frac{9}{2}}$, a^5, $a^{\frac{21}{5}}$, $a^{\frac{22}{5}}$, $a^{\frac{23}{5}}$, $-a^6$, $a^{\frac{1}{9}}$, $a^{\frac{1}{12}}$, $-a^1$, $-a^{\frac{2}{3}}$, $-a^{\frac{1}{8}}$, a^1, [b^4].

Ces formes se rencontrent à vrai dire sur deux cristaux accolés l'un à l'autre à axes parallèles (*fig.* 4).

Ces cristaux ainsi que les quatre suivants sont des repré-

Fig. 4.



sentants typiques du type 4 (*voir* plus haut).

16 : a^2, p, a^4, $a^{\frac{1}{2}}$, $a^{\frac{2}{5}}$, a^1, b^1, a^5, a^6, $a^{\frac{29}{5}}$, $a^{\frac{31}{5}}$, $a^{\frac{13}{2}}$, $a^{\frac{7}{2}}$, $a^{\frac{13}{7}}$, $a^{\frac{7}{4}}$, $a^{\frac{5}{9}}$, $a^{\frac{3}{7}}$, $a^{\frac{5}{11}}$.

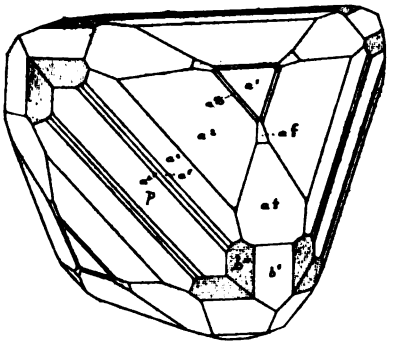
17 : a^2, p, a^4, $a^{\frac{1}{2}}$, $a^{\frac{5}{8}}$, a^1, b^1, a^5, a^6, $a^{\frac{29}{5}}$, $a^{\frac{31}{5}}$, $a^{\frac{47}{10}}$, $a^{\frac{13}{7}}$, [b^4] (*fig.* 5).

18 : a^2, a^4, p, $a^{\frac{1}{2}}$, $a^{\frac{2}{5}}$, $a^{\frac{1}{3}}$, b^1, a^1, $a^{\frac{21}{5}}$, $a^{\frac{22}{5}}$, $a^{\frac{23}{5}}$, $a^{\frac{7}{2}}$, $a^{\frac{7}{4}}$, $a^{\frac{9}{5}}$ $a^{\frac{17}{3}}$, $a^{\frac{19}{10}}$, $a^{\frac{15}{8}}$, a^{24}, a^{40}, $a^{\frac{3}{7}}$, $a^{\frac{5}{11}}$, $a^{\frac{2}{3}}$, $a^{\frac{5}{9}}$, $a^{\frac{4}{9}}$, $a^{\frac{1}{62}}$.

Ces trois cristaux étaient implantés sur le même échantillon et se ressemblent beaucoup. Ils mesurent à peu près 4^{mm} de plus grande dimension et sont extrêmement éclatants, sauf les faces simulées d'un tétrahexaèdre non mesurable,

mais qui paraît être aussi b^4 (410). Le cristal 16 présente de

Fig. 5.

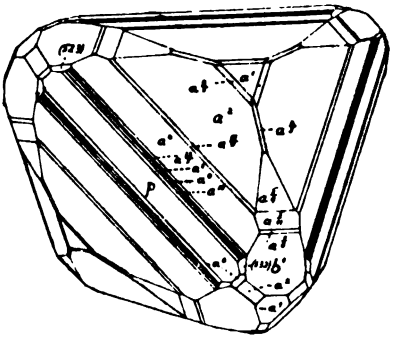


très belles figures de corrosion.

$$19 : a^3, a^4, p, b^1, -a^1, -a^2, a^1, a^{\frac{3}{2}}, a^{\frac{11}{5}}, a^{\frac{22}{5}}, a^{\frac{47}{10}},$$
$$a^5, a^6, a^{\frac{29}{5}}, a^{\frac{31}{5}}, a^{10}, a^{\frac{21}{5}}, -a^6, a^{\frac{9}{2}}, a^{\frac{5}{9}}, a^{\frac{5}{11}},$$
$$a^{\frac{1}{3}}, a^{\frac{1}{14}}, [b^4], (b^{\frac{1}{2}}, b^{\frac{1}{3}}, b^{\frac{1}{5}}) = (\bar{5}32) \text{ (fig. 6)}.$$

Ce cristal, extrêmement riche en formes, ne mesure pas

Fig. 6.



plus de $1^{mm},2$ d'arête, mais fournit d'excellentes mesures.

Il présente le seul hexatétraèdre déterminé à Urbeis et est le seul où l'on observe $-a^6$ et $-a^2$ en même temps.

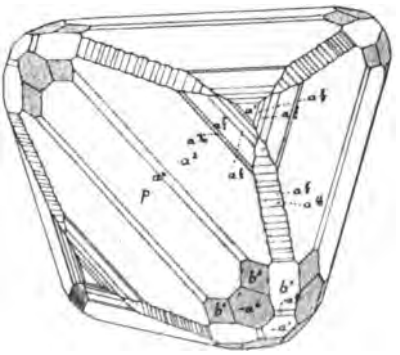
$$20 : a^2,\ a^4,\ a^{\frac{2}{3}},\ -a^1,\ b^1,\ a^{\frac{13}{10}},\ -a^{\frac{2}{3}},\ a^5,\ a^6,\ p,\ a^{\frac{21}{5}},\ a^{\frac{22}{5}},\ a^1,\ -a^6,\ a^{\frac{9}{2}},\ a^{12},\ [b^4].$$

Ce cristal est le plus petit de tous ceux que j'ai mesurés, mais aussi un des mieux développés. Il ne dépasse pas $0^{mm},7$ de plus grande dimension. Le grand développement de $a^{\frac{2}{3}}$ et de $a^{\frac{13}{10}}$ le rend intéressant, de même que l'existence simultanée des formes positive et négative de a^6 et de $a^{\frac{2}{3}}$.

$$21 : a^2,\ p,\ a^{\frac{5}{3}},\ a^4,\ a^{\frac{7}{4}},\ a^{\frac{9}{8}},\ a^{\frac{7}{6}},\ -a^6,\ b^1,\ a^1,\ -a^1,\ -a^{\frac{2}{3}},\ a^{\frac{10}{13}},\ a^{\frac{5}{8}},\ a^{\frac{5}{7}},\ a^{\frac{3}{4}},\ a^{\frac{19}{10}},\ [b^4]\ (fig.\ 7).$$

Cette combinaison se trouve réalisée par 4 cristaux iden-

Fig. 7.



tiques et également orientés, implantés à courte distance sur le même échantillon. Ils mesurent 3^{mm} à 4^{mm}. Leur faciès est extrêmement curieux et si différent de ceux de tous les autres cristaux de Sylvester qu'il devrait à vrai dire constituer

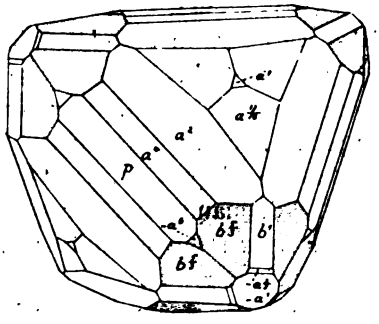
un type à part. a^2 est très dominant, tandis que a^4, très développé partout ailleurs, est ici réduit à des faces relativement fort petites. Entre a^2 et a^1, qui forme une toute petite facette triangulaire, ne se trouvent pas moins de 5 hémitrapézoèdres surbaissés, représentés par des faces parfois larges, de sorte que l'octant positif prend l'apparence d'une tête de clou bombée et une ressemblance frappante avec la surface courbe, constituée par a^1 (0001), a^2 $(10\bar{1}4)$ et $a^{\frac{2}{3}}$ $(01\bar{1}8)$, que présentent les cristaux d'hématite de l'île d'Elbe. Cette ressemblance augmente encore par la présence de faces assez larges, paraissant tangentes aux arêtes trigonales de a^2, et qui seraient par cela même déterminées comme appartenant à $a^{\frac{2}{3}}$. Mais, en y regardant de plus près, on remarque que les arêtes d'intersection de ces faces avec a^2 ne forment pas des lignes droites, mais des lignes brisées en zigzag, et que les faces ne correspondent pas à $a^{\frac{2}{3}}$, mais à deux hémitrioctaèdres voisins qui oscillent entre eux, et qui sont $a^{\frac{10}{13}}$ et $a^{\frac{5}{8}}$. Parfois ils sont accompagnés de $a^{\frac{3}{4}}$ et de $a^{\frac{5}{7}}$. — a^6 est représenté par de très grandes faces partiellement simulées et dont les arêtes avec le tétrahexaèdre non mesurable sont indistinctes, de façon à donner aux pointements de ces curieux cristaux un aspect corrodé.

Type 5. — Cr. 22 : a^2, a^4, b^1, a^1, $-a^1$, p, $b^{\frac{5}{3}}$, $-a^2$.
23 : $a^{\frac{17}{18}}$, a^2, p, a^4, $b^{\frac{5}{3}}$, $-a^1$, b^1, $-a^6$, $-a^{\frac{2}{3}}$, a^1.
(*fig.* 8).

Ce cristal de 4^{mm} d'arête et parfaitement bien développé est implanté isolément sur une gangue de sidérite. Ces facettes sont d'un brillant éclatant, à l'exception de celles de $b^{\frac{5}{3}}$, forme simulée dont les faces sont rugueuses. La forme $a^{\frac{17}{18}}$,

représentée par de larges facettes parfaitement lisses et

Fig. 8.



brillantes, est particulièrement remarquable.

Discussion des formes observées.

Le grand nombre de formes nouvelles observées en rend la description détaillée nécessaire. Cette discussion portera sur la fréquence, le développement et les particularités superficielles des faces des 26 cristaux mesurés et sur le rapport des angles mesurés avec les incidences calculées. L'implantation des cristaux dans des druses et leur développement forcément limité à trois ou quatre octants expliquent le fait que bien des formes ne sont représentées dans chaque cristal que par une facette mesurée, ce qui n'implique évidemment pas l'absence complète des faces correspondantes. Beaucoup de cristaux d'ailleurs n'ont pas été détachés de leur gangue, d'autres n'ont pu l'être, grâce à la fragilité du minéral, qu'à l'état de fragments.

$+a^1$ (**111**) s'observe dans presque tous les cristaux, mais avec des faces inégalement développées. Il ne détermine jamais le facies des cristaux (de la variété argentifère, la seule dont nous nous occupons en ce moment). Etat superficiel des

faces très varié : planes, rugueuses, inégales, striées parallèlement aux arêtes avec a^2, parfois avec des figures de corrosion, mais toujours brillantes.

$-a^1$ ($1\bar{1}1$) s'observe dans un grand nombre de cristaux. Faces petites, mais souvent plus grandes que celle de $+a^1$, d'aspect varié, comme celle de $+a^1$, en général moins brillantes mais plus planes, donnant des images irréprochables.

p (100) existe dans la plupart des cristaux, et oscille le plus souvent avec a^2 et a^4. Quand ses faces sont bien délimitées, elles sont toujours striées selon les arêtes avec $+a^4$. Très développé dans le type 4.

b^1 (110) a été observé dans presque tous les cristaux. Ses faces sont toujours très planes et brillantes et donnent d'excellentes images. Participe souvent à la formation de faces simulées, telles que celles de $b^{\frac{5}{3}}$, b^4, $-a^6$, $-a^2$, $a^{\frac{1}{2}}$ et oscille parfois avec des hémitrioctaèdres négatifs.

HÉMITRAPÉZOÈDRES POSITIFS.

$^*a^{\frac{9}{8}}$ (988). Forme nouvelle, observée deux fois dans le cristal 21, deux fois également dans un cristal de la même combinaison. Faces petites, mais très brillantes.

Cr. 21. (111) : (988) obs. 3°18′ en moy. calc. 3°14′
(Extrêmes. 3°0′ — 3°34′)

$^*a^{\frac{7}{6}}$ (766). Forme nouvelle existant seulement dans les cristaux de la combinaison 21. Mesurée deux fois :

Cr. 21. (111) : (766) observé : 4°0′ calculé : 4°14
(111) : (676) » 4°14′

$^*a^{\frac{13}{10}}$ (13.10.10). Forme nouvelle développée relativement largement dans le cristal 20, qui n'a permis, à cause de sa petitesse, qu'une mesure exacte et deux approximatives :

Cr. 20. (111) : (13.10.10) observ. : 7°29′ calc. : 7°24′
(deux mesures approximatives : 6°45′, 6°45′)

$a^{\frac{4}{3}}$ (433), observée par Baumhauer (¹) dans la binnite, cette forme ne se trouve que dans le cristal 11. La face mesurée est large et lisse, mais légèrement courbe.

Cr. 11. (111) : (433) observé : 8°16′ calculé : 8°2′

Une seconde face n'a donné que de mauvaises images.

$a^{\frac{3}{2}}$ (322), forme connue dans les cristaux de Dillenburg, Horhausen et Binn ; elle n'a été observée qu'une fois à Urbeis, représentée par une face réduite, mais bien développée :

Cr. 12. (111) : (322) observé : 11°27′ calculé : 11°25′

$a^{\frac{8}{5}}$ (855). Forme observée à Binn par Trechmann (²). Mal développée dans le cristal 19, mesure imparfaite :

Cr. 19. (111) : (855) obs. : 13°45′ approx. calc. : 13°16′

Cette forme est douteuse pour Urbeis.

*$a^{\frac{5}{3}}$ (533), forme nouvelle représentée par de larges faces bien développées dans le cristal 21.

			° ′	
Cr. 21.	(111) : (533)	observé :	14.13	
	» (353)	»	14.15	calculé : 14°25′
	» (335)	»	14.44	
		Moyenne...	14.24	

$a^{\frac{17}{10}}$ (17.10.10), observée par Trechmann dans la binnite. Se trouve dans le cristal 3 avec $a^{\frac{7}{6}}$ et $a^{\frac{9}{5}}$. Ces formes arrondissent les arêtes de a^1 avec a^2. Image peu lumineuse :

Cr. 3. (100) : (17.10.10) obs. : 39°32′ calc. : 39°43′

*$a^{\frac{7}{4}}$ (744), forme nouvelle, assez fréquente à Sylvester,

(¹) *Zeits. f. Kryst.*, t. XXI, p. 102.
(²) *Min. Soc.*, London, t. X, 1893, p. 120.

représentée dans quatre cristaux par des facettes linéaires (¹).

Cr. 3.	(100) : (744)	observé :	38°.55′	calculé :	38°.56½′
Cr. 16.	(111) : (744)	»	15.51	»	15.47½
Cr. 18.	»	»	15.39	»	»
Cr. 21.	»	»	15.38	»	»

Images peu lumineuses, sauf dans le cristal 21.

$a^{\frac{2}{5}}$ (955), forme connue à Kahl, Binn et Beresowsk. Mesurée à Urbeis dans trois cristaux (2, 3 et 18), dans deux d'une façon douteuse, à cause du mauvais développement de la zone.

Cr. 2.	(100) : (955)	observé :	38°.15′	calculé :	38°.9′
Cr. 3.	»	»	38.0	»	»
Cr. 18.	(111) : (955)	»	16.35	»	16.35

*$a^{\frac{13}{7}}$ (13.7.7). Forme nouvelle observée dans trois cristaux avec des faces étroites mais bien développées. Les images sont peu lumineuses, mais distinctes, surtout dans 17.

Cr. 3.	(100) : (13.7.7)	obs. :	37°.18′	calc. :	37°.17′
Cr. 16.	(111) : (13.7.7)	»	17.33	»	17.27
Cr. 17.	» »	»	17.31	»	»

*$a^{\frac{15}{8}}$ (15.8.8). Cette forme, également nouvelle, est très rapprochée de la précédente, de sorte qu'il est possible qu'elle lui soit identique. Cependant, les images étant bonnes et permettant des mesures exactes et ses faces, assez larges, surtout celles du fragment désigné par Fr. 1, oscillant

(¹) La forme nouvelle $a^{\frac{7}{4}}$ se rencontre aussi à La Croix-aux-Mines (Vosges). J'ai mesuré un cristal de ce gisement présentant deux faces assez larges de $a^{\frac{7}{4}}$; il est très bien formé et mesure 3mm d'arête. Il est implanté sur une gangue de barytine. L'incidence moyenne mesurée de $a^{\frac{7}{4}}$ avec a^1 est 15°18′ (calculé 15°47½′). Le cristal présente la combinaison a^1, a^2, $a^{\frac{7}{4}}$, b^1, $-a^1$, $-a^2$, p et peut-être $a^{\frac{2}{3}}$.

distinctement avec celles de a^2, je crois pouvoir admettre cette forme parmi les non douteuses.

Fr. 1.	(111) : (15.8.8)		obs.:	17°.43′	calc. : 17°42′30″
				17.35	
Cr. 11.	»	»	»	17.40	
Cr. 18.	»	»	»	17.51	

$a^{\frac{19}{10}}$.(19.10.10). Observée à Binn par Trechmann (*op. cit.*). Elle existe dans trois cristaux comme vicinale à a^2, avec des faces très peu apparentes, sauf dans le cristal 21, où les trois faces d'un pointement ternaire sont mesurables :

Cr. 11...	(111) : (19.10.10)		obs. :	18°. 9′	calc.: 18°4′
Cr. 18...	»	»	»	18.16	
Cr. 21...	»	(19.10.10)	»	18.15	
	»	(10.19.10)	»	18.10	
	»	(10.10.19)	»	17.55	

a^2(211). S'observe dans tous les cristaux d'Urbeis et détermine leur facies concurremment avec a^4; ses faces sont très éclatantes, mais toujours striées où même oscillantes avec celles de a^4. Leurs images sont excellentes, bien qu'inférieures à celles de cette dernière forme.

*$a^{\frac{11}{5}}$ (11.5.5). Forme nouvelle, représentée dans deux cristaux par des facettes linéaires très brillantes fournissant de bons reflets.

Cr. 12...	(100) : (11.5.5)	obs. :	32°42′	calc.: 32°44′
Cr. 19...	(111) : (11.5.5)	»	22° 4′	» 22° 0′

*$a^{\frac{9}{4}}$ (944). Forme nouvelle, observée dans le cristal 12 et dans un fragment (Fr. 2) d'un cristal du type 1. Dans ce dernier, la face mesurée oscille distinctement avec a^2 et fournit une image brillante mais mal délimitée. Le reflet fourni par le cristal 12 est très faible, et comme les mesures obtenues ne concordent pas brillamment avec les incidences

calculées, la forme $a^{\frac{9}{4}}$ ne peut pas compter comme absolument sûre.

Fr. 2....	(111):(944)	obs.: 22°59′	calc.: 22°35′
Cr. 12...	(100):(944)	» 32°20′	» 32° 9′

$a^{\frac{12}{5}}$ (12.5.5). Connue dans la binnite, cette forme n'a été observée à Sylvester que dans un fragment de cristal du type 1, comme troncature des nombreuses arêtes d'oscillation des faces de a^2 et a^4.

Fr. 3...	(111) : (11.5.5)	obs.: 24°8′	calc.: 24°13′

Il est assez curieux de constater le manque absolu, dans nos cristaux, de a^3 et des formes s'en rapprochant, telles que $a^{\frac{27}{10}}$, $a^{\frac{14}{5}}$, $a^{\frac{19}{6}}$, $a^{\frac{16}{5}}$, etc., qui ont été observées à Binn. Il y a ici une lacune dans la zone si riche en formes de [(111), (100), ($\bar{1}$11)].

---

*$a^{\frac{17}{5}}$ (17.5.5). Forme nouvelle, observée une seule fois avec une face assez large donnant une image très distincte.

Cr. 3...	(100) : (17.5.5)	obs.: 22°27′	calc.: 22°35′

? $a^{\frac{7}{2}}$ (722) est une forme fréquente dans la binnite. Elle paraît aussi se trouver dans les cristaux de Sylvester, mais les images des faces qui pourraient appartenir à cette forme sont si indistinctes que les angles mesurés concordent mal avec les incidences calculées :

Cr. 16...	(100):(722)	obs.: 21°20′ approx.	calc.: 22°0′
Cr. 18...	» »	» 22°14′	» »

*$a^{\frac{18}{5}}$ (18.5.5). Forme nouvelle n'existant qu'une fois, mais représentée par une face donnant une image irréprochable :

Cr. 3...	(100):(18.5.5)	obs.: 20°55′	calc.: 20°55′

a^4 (411) est une forme fréquente dans la tétraédrite. Peu de gisements cependant la présentent dans des conditions de développement aussi prépondérant et parfait. Elle ne manque dans aucun cristal, et ses faces, souvent aussi grandes que celles de a^2, fournissent des images irréprochables. Ces faces oscillent avec celles de a^2 ou sont striées selon l'arête d'intersection avec elles. Elles sont extrêmement éclatantes.

*$a^{\frac{21}{5}}$ (21.5.5). Vicinale nouvelle, fréquente à Sylvester, représentée par des facettes linéaires assez bien mesurables :

Cr. 12....	(100) : (21.5.5)	obs. :	18°.32′	calc. : 18°36′
Cr. 18....	» »	»	18.31	
Cr. 19....	» »	»	18.54	
Cr. 15....	(111) : (21.5.5)	»	36. 0	calc. : 36° 8′
Cr. 20....	» »	»	36.24	

*$a^{\frac{22}{5}}$ (22.5.5). Forme nouvelle observée dans les cristaux 15, 18 et 19 sous formes de facettes linéaires.

Cr. 15....	(100) : (22.5.5)	obs. :	17°.57′	calc. : 17°49′
Cr. 19....	» »	»	17.56	
Cr. 18....	(111) : (22.5.5)	»	36.53	calc. : 36°55′
Cr. 19....	» »	»	36.55	

$a^{\frac{9}{2}}$ (922). Observée dans la binnite par Trechmann, cette forme se rencontre à Sylvester dans trois cristaux (11, 15 et 20), assez large et très distincte dans le cristal 11.

Cr. 11.....	(111) : (922)	obs. :	37°.16′.5	calc. : 37°17
Cr. 20.....	» »	»	37.14	
Cr. 15.....	(100) : »	»	17,20	calc. : 17°27′

*$a^{\frac{23}{5}}$ (23.5.5), forme nouvelle rencontrée dans trois cristaux. Ses faces sont si étroites qu'on ne peut les distinguer qu'à la loupe du goniomètre.

Cr. 9.....	(100) : (23.5.5)	obs. :	17°. 9′	calc. : 17° 5′
Cr. 18....	(111) : »	»	37.39	calc. : 37°39′
Cr. 20....	» »	»	37.37	

$a^{\frac{47}{10}}$ (47.10.10), observée par Trechmann dans la binnite. Des facettes linéaires des cristaux 17 et 19 semblent lui appartenir.

Cr. 17....	(100):(47.10.10)	obs.:	16°43′	calc.:	16°45′
Cr. 19....	(111):(47.10.10)	»	38° 3′	»	37°59′

a^5 (511). Cette forme, assez fréquente dans la tétraédrite, se rencontre souvent à Urbeis. Six cristaux (10, 15, 16, 17, 19 et 20) la présentent, en général, sous forme de facettes linéaires, sauf 20, où ses faces sont bien développées. Les gouttières de corrosion sur les faces a^4 du cristal 10 sont limitées par a^5. Les incidences mesurées varient entre 38°40′ et 39°4′. (100) : (511) calc. : 38°56′.

?*$a^{\frac{17}{3}}$ (17.3.3). Cette forme est représentée dans le cristal 18 par une seule face, dont les incidences observées et calculées concordent très bien. Cependant, comme la forme $a^{\frac{17}{3}}$ est nouvelle tandis que $a^{\frac{11}{2}}$, qui en est très rapprochée, est connue dans la binnite, la face en question pourrait appartenir à cette dernière forme.

Cr. 18...	(100):(17.3.3)	obs.:	14° 2′	calc.:	14°1′
	[(100):(11.2.2)	calc.:	14°25′]		

a^6 (611). Forme commune, observée à Urbeis dans quatre cristaux. Elle est isolée dans le cristal 20, tandis que dans 16, 17 et 19 elle est accompagnée avec la plus grande régularité par deux vicinales, dont les images sont exactement aussi claires et distinctes que celles de a^6. Ce sont :

*$a^{\frac{29}{5}}$ (29.5.5)
*$a^{\frac{31}{5}}$ (31.5.5)
} Les faces de ces deux vicinales flanquent

celles de a^6 dans les cristaux 16, 17 et 19.

	Observé.			
	Cr. 16.	Cr. 17.	Cr. 19.	Calculé.
(29.5.5) : (100)....	13°42′	13°46′	13°59′	13°42′
(611) : (100).....	13.14	13.18	13.14	13.16
(31.5.5) : (100)....	12.51	12.53	12.54	13.51

$a^{\frac{13}{2}}$ (13.2.2) est connue dans la binnite et a été, en outre, signalée par A. Lacroix (¹) dans la panabase de Laffrey. Elle existe dans le cristal 16 avec une face bien développée :

Cr. 16.... (111) : (13.2.2) obs. : 42°17′ calc. : 42°29′

a^{10} (10.1.1). Forme fréquente à Binn, observée une fois à Urbeis. La face mesurée donne une mauvaise image.

Cr. 19.... (111) : (10.1.1) obs. : 46°33′ calc. : 46°41′

a^{12} (12.1.1) est également assez fréquente dans la binnite. Elle est représentée dans le cristal 20 par une face étroite, mais bien réfléchissante.

Cr. 20.... (111) : (12.1.1) obs. : 47°53′ calc. : 48°1′

$^{*}a^{24}$ (24.1.1). Forme nouvelle, bien déterminée dans le cristal 18, où elle se trouve sous forme d'une face fournissant une image allongée sur 15′ environ.

Cr. 18.... (100) : (24.1.1) obs. 3°23′ calc. : 3°23′

$?a^{40}$ (40.1.1) ; cette forme, connue à Binn, est douteuse dans la tétraédrite d'Urbeis, n'ayant été observée que dans un cristal sous forme de stries sur une face de *p*, et une différence d'une minute suffisant pour changer le symbole :

Cr. 18.... (100) : (40.1.1) obs. : 2°5′ calc. : 2°2′

Hémitrapézoèdres négatifs.

$-a^{2}$ ($2\bar{1}1$). Forme commune, relativement rare à Urbeis, où elle n'a été observée que dans quatre cristaux (3, 5, 19 et 22).

(¹) *Min. France*, t. II, p. 732.

Ses faces sont soit très brillantes et égales en éclat et en dimension à celles de b^1, soit au contraire rugueuses par suite d'un développement simulé par la participation de b^1 et de $-a^1$.

$-a^6$ ($6\bar{1}1$). Cette forme observée à Ilanz et à Dillenburg, est fréquente à Urbeis où elle a été mesurée dans six cristaux (9, 15, 19, 20, 23 et 21). Elle se présente en petites facettes brillantes ou bien en grandes faces rugueuses et partiellement simulées. C'est surtout cette forme combinée avec un tétrahexaèdre également simulé qui donne aux pointements des cristaux une apparence corrodée (*voir* plus haut p. 236). Peut-être ces faces sont-elles en effet la suite d'influences corrosives; mais l'éclat de toutes les autres faces du cristal et de celles qui participent à la formation des faces simulées en occasionnant l'éclat moiré de ces dernières semble combattre cette hypothèse.

HÉMITRIOCTAÈDRES POSITIFS.

* $a^{\frac{17}{18}}$ (18. 18. 17). Cette forme nouvelle et très intéressante ne se rencontre que dans un cristal (23), mais représentée par trois grandes faces parfaitement planes et éclatantes, dont les arêtes d'intersection entre elles et avec a^2 sont des plus nettes. a^1 disparaît presque complètement et n'apparaît que comme un triangle minuscule. Cette forme ne présente, malgré son symbole compliqué, aucunement les caractères d'une vicinale.

Cr. 23...	(110) : (18.18.17)	obs. :	33°47′	Calc. :	33°49
	» (18.17.18)	»	33.49	»	
	» (18.$\overline{17}$.$\overline{18}$)	»	33.43	»	

* $a^{\frac{10}{13}}$ (13. 13. 10). Forme nouvelle, largement développée dans le cristal 21. Elle compose par oscillation avec $a^{\frac{5}{8}}$ des faces paraissant tangentes aux arêtes trigonales de a^2. J'ai

pu la mesurer trois fois dans le cristal 21, deux fois dans un cristal voisin de la même combinaison :

Cr. 21...	(111) : (13.13.10)	obs. :	6°34′	Calc. :	6°43
	» (10.13.13)	»	6.20	»	
	» (13.10.13)	»	6.50	»	
	» »	»	6.30	»	
	» »	»	6.45	»	
		moy.	6.36		

$*a^{\frac{3}{4}}$ (443), également nouvelle; observée une fois, représentée par une face relativement large.

Cr. 21... (111) : (443) obs. : 7°25′ calc. : 7°19′

$*^{\frac{5}{7}}$ (775). Forme nouvelle, observée deux fois. Dans le cristal 13 elle participe à la formation d'une grande face occupant la place de $a^{\frac{1}{2}}$. Elle fournit une image passable, tandis que $a^{\frac{1}{2}}$ n'en donne pas du tout dans ce cristal (*voir* plus bas, p. 248).

Cr. 13...	(111) : (775)	obs. :	8°30′	calc. :	8°28′
Cr. 21...	» »	»	8.17	»	

$a^{\frac{2}{3}}$ (332). Cette forme connue et assez fréquente a été mesurée dans la tétraédrite de Binn, de Clausthal et de Dillenburg ; je l'ai rencontrée, largement développée, dans les cristaux de Sainte-Croix aux Mines (Alsace). Cette forme est assez rare à Urbeis, beaucoup plus rare que la forme négative $-a^{\frac{2}{3}}$. Elle existe dans les cristaux 18 et 19 à l'état de petites facettes, dans le cristal 20 par contre bien développée.

$a^{\frac{5}{9}}$ (885). Déterminée à Binn par Trechmann, cette forme se rencontre à Urbeis dans trois cristaux. Le cristal 17 la montre sous forme de continuation assez large de $a^{\frac{1}{2}}$ vers a^{1}. J'ai pu la mesurer deux fois dans le cristal 21.

Cr. 17...	(111) : (885)	obs. :	11°22′	calc. : 11°25′
Cr. 21...	» »	»	11.48	»
»	(111) : (858)	»	11.45	»

$^{*}a^{\frac{5}{9}}$ (995). Forme nouvelle, observée dans quatre cristaux. Elle possède des faces assez larges oscillant avec $a^{\frac{1}{2}}$ et fournissant des images peu nettes et allongées, sauf dans le cristal 16 où l'image est simple et lumineuse.

Cr. 14...	(110) : (995)	obs. :	20°45′ approx.	calc. : 21°27′
Cr. 19...	» »	»	21.32	
Cr. 16...	(111) : (995)	»	13.57	calc. : 13°49′
Cr. 18...	» »	»	14.15 approx.	

(*)$a^{\frac{1}{2}}$ (221). Cette forme a été signalée pour la première fois par Naumann vers 1860 (?), sans indication de mesures ni de localité. Sadebeck, Hintze et Goldschmidt l'indiquent par suite dans leurs tables, mais on ne trouve aucune description de lieu ni de forme dans les ouvrages de ces auteurs. Plus tard, cette forme n'est plus citée par Naumann. M. Lacroix l'indique, il est vrai, dans la tétraédrite de Pontgibaud, mais en la décrivant comme remplaçant, par des facettes linéaires, les arêtes a^2a^2 aboutissant aux pointements ternaires, de sorte qu'une confusion avec $a^{\frac{2}{3}}$ est probable. La forme $a^{\frac{1}{2}}$ serait donc nouvelle ; elle est en tous cas extrêmement rare.

Les cristaux du type 4 de la tétraédrite d'Urbeis présentent cette forme largement développée, ce qui leur donne un faciès tout à fait spécial. Les cristaux 14, 15, 16, 17 et 18 en présentent des faces larges et brillantes, mais inégales, car la forme $a^{\frac{1}{2}}$ y oscille avec a^1 et b^1 et surtout avec des hémitrioctaèdres peu inclinés contre $a^{\frac{1}{2}}$, tels que $a^{\frac{5}{7}}$, $a^{\frac{5}{9}}$, $a^{\frac{6}{11}}$. Les images sont très mauvaises, peu distinctes et très allon-

gées, de sorte que les mesures sont défectueuses :

Cr. 14...	(111) : (221)	obs. :	16°.35′	calc. : 15°45′
Cr. 15...	(111) : (221)	»	16.23	»
Cr. 16...	» »	»	16.27	»
Cr. 17...	» »	»	14.56	»
Cr. 18...	» »	»	15.24	»
			16.approx.	»
			16.56	»

Les incidences observées et calculées concordent fort mal, et des différences de plus de 1° auraient pu donner lieu à l'établissement de symboles plus compliqués, si les images n'avaient pas été si mauvaises. Ce fait est d'autant plus curieux que les autres hémitrioctaèdres de la même zone sont en général bien développés et exactement mesurables. Les grandes faces de $a^{\frac{1}{2}}$ sont raboteuses, inégales, semées de cavités et irrégulièrement striées, parfois même concaves. Dans le cristal 13, la grande face qui correspond à $a^{\frac{1}{2}}$ ne donne aucun reflet appartenant à cette forme, qui est simulée par des bandes alternantes de a^1 et $a^{\frac{5}{7}}$. Toutes ces particularités amènent à penser que $a^{\frac{1}{2}}$ n'est pas une véritable forme cristalline; ses faces paraissent avoir été formées après coup, peut-être par corrosion.

*$a^{\frac{5}{11}}$(11. 11. 5). Forme nouvelle, déterminée dans trois cristaux. Ses faces sont bien mesurables, sauf dans un cas. Les images fournies par $a^{\frac{5}{11}}$ sont toujours plus lumineuses que celles fournies par $a^{\frac{1}{2}}$.

Cr. 16...	(111) : (11.11.5)	obs. :	17°.6′	calc. : 17°25′
Cr. 18...	» »	»	17.30	»
Cr. 19...	» »	»	17.27	»

$a^{\frac{1}{9}}$ (994). Découverte à Binn par Trechmann, cette forme

est représentée à Urbeis par une face assez large et bien réfléchissante :

Cr. 18...	(111) : (994)	obs. : 17°59′	calc. : 17°49′

$a^{\frac{2}{5}}$ (552). Cette forme, fréquente dans la binnite, l'est encore davantage dans la tétraédrite d'Urbeis, probablement à cause de la prédominance de a^4, dont les arêtes trigonales sont tangentes aux faces de $a^{\frac{2}{5}}$. Je l'ai observée dans beaucoup de cristaux du type 2, et mesurée dans quatre cristaux, dans deux desquels (16 et 18) ses faces participent à la formation de la zone très riche en faces [(111), (110)].

Cr. 7...	(111) : (552)	obs. :	16°.0′	calc. : 15°47′
Cr. 8...	» »	»	15.43	
Cr. 16..	(110) : (552)	»	19.28	calc. : 19°28′
Cr. 18..	» »	»	20 approx.	

*$a^{\frac{1}{3}}$ (331). Cette forme est nouvelle dans l'octant positif. Elle existe dans le cristal 18 avec deux faces mesurables très brillantes mais extrêmement étroites.

Cr. 18....	(111):(331).	obs. : 22°.9′	calc. : 22°.0′
Cr. 18....	» :(313).	obs. : 22.8	calc. : »

?*$a^{\frac{1}{8}}$ (881).
?*$a^{\frac{1}{14}}$ (14.14.1). } Ces deux formes sont nouvelles, mais incertaines, chacune n'ayant été observée qu'une fois dans un cristal et les incidences observées concordant mal avec le calcul, $a^{\frac{1}{14}}$ n'existe que sous forme de stries sur b^1.

Cr. 19....	(110) : (881).	obs. : 5°.26′	calc. : 5°. 3′
Cr. 19....	» : (14.14.1)	obs. : 2.48	calc. : 2.53

*$a^{\frac{1}{9}}$ (991).
$a^{\frac{1}{12}}$ (12.12.1). } Le cristal 15 présente ces deux formes, dont l'une (12.12.1) est connue à Binn, l'autre nouvelle.

Leurs faces sont étroites mais bien réfléchissantes.

Cr. 15....	(110) : (991).	obs. : 4°.26′	calc. : 4°.29′
Cr. 15....	» : (12.12.1)	obs. : 3.15	calc. : 3.22

$^*a^{\frac{1}{35}}$ (35.35.1). Forme nouvelle, représentée par une face relativement très large et brillante :

Cr. 14.....	(110) : (35.35.1)	obs. : 1°.9′	calc. : 1°.9′

?$^*a^{\frac{1}{62}}$ (62.62.1). Vicinale nouvelle, mais incertaine à cause de l'indice très élevé, dont une face apparaît dans le cristal 18 comme une flexion de la face (110) et livre une image distincte exactement dans la zone.

Cr. 18....	(110) : (62.62.1)	obs. : 0°.39′	calc. : 0°.39′

HÉMITRIOCTAÈDRES NÉGATIFS.

$^*-a^{\frac{25}{26}}$ (26.$\overline{26}$.25).
$^*-a^{\frac{25}{28}}$ (28.$\overline{28}$.25).
$^*-a^{\frac{25}{29}}$ (29.$\overline{29}$.25).
$^*-a^{\frac{5}{6}}$ (66$\overline{5}$).
} La forme nouvelle $-a^{\frac{5}{6}}$ se présente dans

le cristal 8 accompagnée des trois vicinales. La face de $-a^{\frac{5}{6}}$ est bien développée et large, les vicinales apparaissent entre elle et $-a^1$ comme une face courbe fournissant au goniomètre trois images nettement espacées. La beauté des images a permis une détermination très exacte des 4 formes :

Cr. 8.	(26.$\overline{26}$.25) :	(110)	obs. : 34°.21′	calc. : 34°.13′
	(28.$\overline{28}$.25) :	»	obs. : 32.22	calc. : 32.16
	(29.$\overline{29}$.25) :	»	obs. : 31.11	calc. : 31.9
	(66$\overline{5}$) :	»	obs. : 30.29	calc. : 30.30

$^*-a^{\frac{2}{3}}$ (3$\overline{3}$2). Cette forme, observée dans la tétraédrite de Horhausen, dans la binnite et dans la tennantite de Cornwall, est la plus fréquente et la mieux développée parmi les hémi-

trioctaèdres des cristaux d'Urbeis. Elle a été mesurée plusieurs fois dans les cristaux 6, 8, 15, 20, 21 et 23, et observée souvent dans d'autres cristaux non mesurés. Ses faces sont toujours lisses et brillantes, mais petites; elles sont parfois finement striées d'après b^1.

Il est remarquable que $-a^{\frac{2}{3}}$, qui existe fréquemment à côté de $-a^6$, n'accompagne jamais $-a^2$.

*$-a^{\frac{1}{6}}$ ($8\bar{8}1$). Forme nouvelle, observée une seule fois comme troncature très distincte de l'arête d'intersection entre $-a^{\frac{2}{3}}$ et b^1.

Cr. 15....	(110) : ($8\bar{8}1$)	obs. : 5°.6′	calc. : 5°.3′

TÉTRAHEXAÈDRES.

*$b^{\frac{5}{3}}$ (530). Cette forme nouvelle n'a été observée que dans deux cristaux, mais elle y existe avec ses faces au complet et largement développées. Ce sont des faces simulées, car elles donnent des reflets dans plusieurs plans parallèles à b^1, $-a^1$ et $-a^6$, et se distinguent des autres faces très éclatantes du cristal par une rugosité moirée caractéristique. Elles ne donnent que de faibles reflets dans la zone $b^1\,p$; pourtant, l'incidence exacte a pu être mesurée dans deux cas :

Cr. 23....	(110) : (530)	obs. : 14°.8′	calc. : 14°.2′
Cr. 23....	(100) : »	obs. : 30.57	calc. : 30.58

b^3 (310). Forme assez fréquente dans la tétraédrite, et notamment dans la variété arsénifère d'Urbeis, où ses faces atteignent parfois une grande dimension (*voir* plus haut, p. 225). Elle est, au contraire, extrêmement rare dans la variété argentifère, puisqu'elle n'existe que dans un cristal, réduite à deux petites facettes brillantes.

[* b^4 (410)]. b^4 n'est pas une forme cristalline dans le sens strict du mot. Ses faces, très fréquentes et largement déve-

loppées dans les cristaux du type 4, ne donnent jamais le moindre reflet dans la zone $b^1 p$, et leur symbole n'a pu être déterminé qu'une fois par la mesure de l'angle plan au microscope, opération très difficile vu la petitesse des cristaux. Les faces de b^4 sont simulées par b^1, $-a^1$ et $-a^6$.

(110) : (410) très approximativement : 30° calc. : 30°.58′

HEXATÉTRAÈDRE NÉGATIF.

* $(5\bar{3}2)$: $\left(b^{\frac{1}{2}}\ b^{\frac{1}{3}}\ b^{\frac{1}{5}}\right)$. Cette forme nouvelle n'a été observée qu'une fois à Urbeis dans le métal 19, où elle est réduite à une seule facette très petite, mais fort brillante, fournissant une image irréprochable, de sorte que les incidences purent être mesurées assez exactement.

Cr. 19....	(110) : $(5\bar{3}2)$	obs. : 36°.34′	calc. : 36°.35′
Cr. 19....	$(1\bar{1}1)$: $(5\bar{3}2)$	obs. : 20.25	calc. : 20.31

PARTICULARITÉS SUPERFICIELLES.

Les faces du rhombododécaèdre sont les seules des cristaux de tétraèdrite argentifère d'Urbeis qui présentent toujours une surface parfaitement lisse et éclatante, exempte aussi de figures de corrosion. Les faces des deux tétraèdres sont parfois également dépourvues de stries et polies, mais ce caractère est loin d'être constant. Toutes les autres formes présentent des inégalités dans le développement de leurs faces: elles sont striées, creusées de gouttières, quelquefois arrondies, sans toutefois perdre leur éclat. Ces stries sont toujours parallèles à l'arête d'intersection des faces qui les présentent avec le tétraèdre positif. Les faces des tétrahexaèdres sont presque toujours simulées. Les faces négatives sont toujours striées plus finement que les positives; leurs stries ne sont quelquefois visibles qu'au microscope.

Le phénomène de l'oscillation des faces, si fréquent, a déjà été décrit, de même que celui des faces simulées. Les gouttières profondes, limitées par des faces planes et réfléchissantes, l'ont été également, de sorte que nous n'avons plus à considérer ici que quelques particularités isolées, constituées par des figures de corrosion.

Un cristal de la combinaison 5 présente une assez large face $-a^1$ de la forme d'un hexagone régulier, occasionnée par le développement égal des faces de b^1 et de $-a^2$. Cette face est pourvue de stries normales aux côtés de l'hexagone, produisant l'effet d'un réseau de lignes sombres sur fond brillant. Le centre des mailles inégalement grandes de ce réseau est dépoli jusqu'à une distance petite mais constante des stries (*voir* figure 11.)

Un cristal voisin du cristal mesuré 12 et qui présente une

Fig. 9.

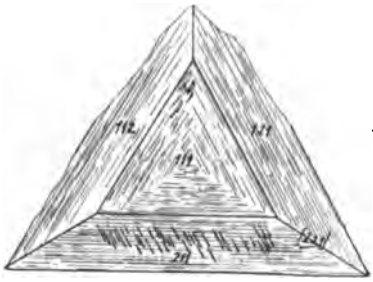
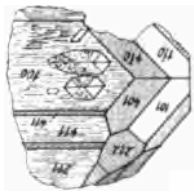


Fig. 10.



large face a^1 se distingue par des figures de corrosion intéressantes par leur dissymétrie (*voir* figure 9). La face (211) est plus largement développée et moins striée que (112) et (121); elle est, par contre, parsemée de petites fosses de la forme d'un fer de lance très effilé et dirigeant leur pointe vers la même direction inclinée. Cette direction correspond à celle de l'arête d'intersection de (211) avec (221), forme que le cristal ne présente pas. La face (111) est striée finement,

parallèlement aux arêtes avec (211), (121) et (112), et présente elle aussi, dans l'angle compris entre (121) et (112), des figures asymétriques dont un côté est parallèle à l'arête d'intersection de (111) avec (112).

Le cristal 16 se distingue par le grand développement de *p*, dont une face, très éclatante, présente des figures de corrosion merveilleusement nettes (*voir* figure 10) Deux d'entre elles atteignent presque 1^{mm} de longueur. Ce sont des cavités hexagones oblongues, limitées par six facettes planes à arêtes d'intersection vives. Deux de ces facettes correspondent à (411) et ($4\bar{1}\bar{1}$), les quatre autres à (110), ($10\bar{1}$) (101) et ($1\bar{1}0$).

Un cristal de la combinaison 10, atteignant 10^{mm} de longueur d'arête, présente une grande face $+ a^1$, très brillante mais

Fig. 11.

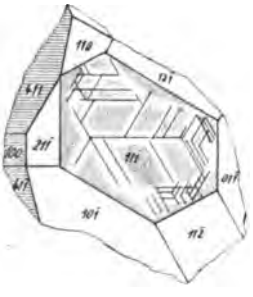
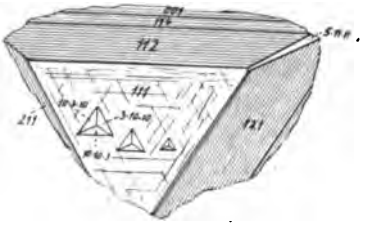


Fig. 12.



assez inégale. Cette face est pourvue de plusieurs éminences très régulières en forme de pyramides trigonales surbaissées dont les côtés, fort brillants et plans, forment avec a^1 un angle voisin de 6°30′ (*voir* figure 12). Ces pyramides, dont la base forme un triangle de position inverse par rapport à a^1, appartiennent à l'hémitrioctaèdre $a^{\overset{10}{13}}$ (13.13.10), dont l'incidence avec a^1 se monte à 6°43′. C'est la forme nouvelle mesurée plusieurs fois dans le cristal 21.

c. Tétraédrite de Triembach.

La tétraédrite se trouve en assez petite quantité associée à la chalcopyrite dans les filons de Triembach. Ces filons n'ont pas fourni de cristaux à ma connaissance ; ce minéral y apparaît parfois comme ciment des éléments granitiques du remplissage des filons. La tétraédrite a donné naissance à de nombreux produits d'oxydation que nous allons décrire.

Je n'ai pu me procurer d'échantillons de la tétraédrite fournie autrefois par les autres filons indiqués page 219.

Mélaconite.

La mélaconite se trouve associée intimement à la limonite sous forme d'enduit noirâtre à éclat gras, désigné en allemand par le nom de *Kupferpecherz*, sur les minerais de cuivre de « Donner » et de Triembach. Cet enduit atteint parfois une épaisseur de 1^{mm} sur les cristaux de chalcopyrite de Donner.

Azurite.

a. L'azurite se rencontre à Sylvester sous forme de taches microcristallines bleu ciel tapissant les fentes du schiste micacé qui environne les filons.

b. Triembach. — L'azurite se trouve à Triembach en assez grande quantité ; c'est de beaucoup le plus fréquent des produits de décomposition des minerais de cuivre. Les fentes du remplissage du filon et de la roche avoisinante sont souvent parsemées d'hémisphères de 2^{mm} à 3^{mm} de diamètre et de constitution radiée. Les géodes du granite filonien sont presque toujours entièrement tapissées de cristaux microscopiques d'azurite dont les formes sont indéterminables par suite de leur petitesse. Par contre, les cristaux renfermés dans les géodes limonitiques, bien que très petits, permettent une détermination assez exacte. Les formes observées sont :

p (001)	m (110)
h^1 (100)	a^2 ($\bar{1}02$)

Il existe en outre de très petites facettes appartenant à des hémidomes et à des pyramides de la zone *pm*. Les cristaux sont aplatis d'après *p* (001) et allongés dans la direction orthodiagonale. L'angle du prisme (99°) a été mesuré au microscope ; les incidences des deux faces prédominantes h^1 et *p* ainsi que celle de l'hémidome dominant a^2 purent être mesurées approximativement au goniomètre.

Les cristaux atteignent $0^{mm},3$ ou $0^{mm},4$ de plus grande dimension (suivant l'arête h^1 *p*). Ils sont brillants, implantés sur l'un des bouts de l'orthodiagonale et réunis en faisceaux isolés.

Malachite.

La malachite existe à « Donner » parmi les produits d'oxydation du chapeau de fer, sous forme de masses fibreuses à éclat soyeux, assez rares, implantées sur de la limonite. Les fibres ne dépassent pas 5^{mm} de longueur maxima.

La malachite se rencontre aussi à Noirceux et à Goutte-du-Moulin en petites quantités, accompagnée de limonite sur la chalcopyrite trouvée sur les haldes. Elle semble être d'origine récente.

Enfin, la malachite se trouve à Triembach, mais moins fréquemment que l'azurite et la tirolite, en masses radiées ou parfois cryptocristallines rappelant la chrysocolle.

Tirolite.

On trouve à Triembach, en compagnie de l'azurite, un minéral à éclat soyeux, d'une coloration allant du vert bleu au vert d'eau. Une analyse qualitative mit en évidence le cuivre et l'acide arsénique. Le minéral ressemble à s'y méprendre à la tirolite de Schwaz, mais surtout à celle de Pojnik, près Neusohl, et forme des bouquets aplatis tapissant certaines fentes du granit filonien.

Atacamite.

Parmi les échantillons de produits d'altération de Triembach, j'en ai rencontré un présentant un grand nombre de cristaux indistincts, à faces prismatiques fortement cannelées, d'un vert très foncé les distinguant de la malachite. Un de ces cristaux, traité par l'acide azotique, m'a fourni une liqueur riche en cuivre et en chlore. Le minéral en question est donc de l'atacamite, associée d'ailleurs à la malachite, car il est légèrement effervescent aux acides.

Chrysocolle.

Un minéral amorphe vert, à cassure conchoïdale, se rencontre rarement à Triembach associé à la tirolite. Il est soluble dans HCl sans effervescence et en laissant un résidu d'acide silicique.

II. — *Minerais de plomb.*

Galène.

A. Galène de « Donner »

La mine Donner a fourni de la galène en assez forte quantité. Elle s'y trouve dans les mêmes filons que la chalcopyrite, mais ces deux minéraux ne sont pas contemporains et ne se trouvent jamais cristallisés dans les mêmes géodes.

J'ai pu essayer la galène de ce gisement en vue d'y déterminer une teneur en argent. Voici le résultat de cet essai :

$12^g,1875$. PbS contiennent $0^g,0165$. Ag,

ce qui équivaut à une teneur de 0,1320 pour 100.

La galène ne se trouve que rarement en cristaux isolés, ceux-ci ayant été presque partout recouverts par le quartz de la deuxième génération. Je ne connais que deux échantillons montrant des cristaux ; dans l'un, la galène se présente en cuboctaèdres avec prédominance de *p*, et les cristaux, de petite taille, sont recouverts d'une mince couche rouge

d'hématite. Dans le second échantillon, les nombreux cristaux de galène, entremêlés de tétraèdres de cuivre gris colorés exactement de même, sont assez riches en faces. Deux de ces cristaux, dont plusieurs atteignent 3^{mm} de plus grande dimension, mesurés, permirent la détermination de cinq formes :

p (100)	a^5 (511)
a^1 (111)	a^6 (611)
$a^{\frac{1}{3}}$ (331)	

Ces formes sont toutes connues, mais a^5 est très rare dans la galène. Naumann paraît être le seul à la signaler.

Les incidences mesurées concordent mal avec le calcul (la différence atteint jusqu'à 35′), ce qui tient à l'inégalité des faces de p et de a^1 et au peu d'éclat des facettes secondaires, p domine toujours, a^1 et a^5 ne manquent jamais, a^6 est fréquent et $a^{\frac{1}{3}}$ rare.

La galène massive de Donner est à éléments moyens ou petits; elle n'est jamais compacte.

B. Galène de « Sylvester ».

La galène est extrêmement rare à Silvester, où elle ne se trouve, à part quelques masses très petites et disséminées dans la gangue, que sous forme de cristaux isolés fort petits implantés sur de la chalcopyrite ou de la tétraédrite, dans les géodes. Ces cristaux ne dépassent jamais 1^{mm} de grosseur ; par contre ils sont très éclatants et parfaitement développés, de sorte que les facettes les plus étroites sont encore mesurables. Les six formes suivantes furent mesurées dans trois cristaux :

p (100)	$a^{\frac{4}{3}}$ (554)
a^1 (111)	a^3 (311)
b^1 (110)	a^5 (511)

Les combinaisons observées sont :

1. p, a^1 (non mesurée)
2. p, a^1, $a^{\frac{4}{5}}$
3. p, a^1, b^1
4. p, a^1, a^3, a^5

p^1 domine toujours, mais a^1 est généralement presque aussi développé. $a^{\frac{4}{5}}$ (554) est très bien développé dans le cristal 2, bien que ses facettes soient fort réduites. Cette forme, très rare, se rencontre à Freiberg et à Oberlahr. Le cristal 4 ne mesure que $0^{mm},3$, de sorte que les faces linéaires de a^3 et de a^5 ne peuvent être mesurées qu'approximativement; b^1, dans le cristal 3, est réduit à des facettes très étroites :

(111) : (554)	obs :	5°.46′	calc :	5°.46′
(100) : (311)	»	24.45 approx.	»	25.14
(100) : (511)	»	15.30 approx.	»	15.47

a^3 est une forme fréquente dans la galène, tandis que a^5 est très rare (*voir* plus haut).

Le cristal de tétraédrite décrit page 255 présente, tout autour de la face large et curieusement striée — a^1, un assez grand nombre de tout petits cristaux de galène, de $0^{mm},5$ de grandeur maxima. Tous ces cristaux, d'ailleurs implantés sans régularité sur la tétraédrite, sont des cuboctaèdres maclés d'après une face de l'octaèdre. Un beau dodécaèdre de blende les accompagne.

C. Galène de « Goutte du Moulin ».

Dans le seul échantillon que j'aie pu recueillir sur la halde de cette mine la galène apparaît sous forme de sphères isolées d'un noir terne, qu'on ne peut reconnaître que si on les brise, ce qui fait apparaître le clivage. La chalcopyrite en nombreux cristaux indistincts accompagne la galène, comme elle implantée sur quartz et englobée dans de la calcite, qu'il a fallu enlever par l'acide. C'est à l'influence corrosive de la solution

qui a donné naissance à la calcite que la galène doit sans aucun doute son apparence altérée, car elle était protégée par cette même calcite contre les influences du dehors.

D. Champ Brécheté.

Un échantillon recueilli sur l'ancienne halde d'une des mines présente peu de galène englobée dans du quartz ferrugineux.

E. La mine de « Molloch » (Puant trou).

Cette mine paraît avoir fourni beaucoup de galène. On peut encore en ramasser beaucoup sur les haldes assez considérables de cette mine, où elle se trouve englobée dans le quartz en filonnets de 3cm à 4cm d'épaisseur. Je ne l'y ai pas rencontrée en cristaux.

Je n'ai pu me procurer de la galène des filons de Goutte Henry, La Chapelle, Montagne des Coltes et Saint-Nicolas, qui en ont produit autrefois. Celle de Saint-Nicolas était très argentifère, paraît-il.

Bournonite.

La bournonite ne s'est rencontrée qu'une seule fois, comme accident minéralogique, dans le filon de Sylvester. L'échantillon recueilli présente plusieurs mouches, englobées dans le quartz, qui se distinguent de la tétraédrite par leur cassure parfaitement conchoïdale et l'éclat métallique gras que montrent ces cassures.

Une analyse qualitative (l'analyse quantitative n'ayant pas été faite faute de substance) mit en évidence la présence de beaucoup de plomb à côté du cuivre et de l'antimoine, de sorte qu'il n'est guère douteux que le minéral en question soit de la bournonite.

II. — *Minerai de zinc.*

Blende.

a. La blende massive ne se rencontre à *Donner* qu'en très petites quantités intimement associées à la galène.

b. Blende de « Sylvester ».

La blende est un minéral accessoire très rare des filons de

Sylvester ; elle l'est cependant un peu moins que la galène. Comme cette dernière, la blende est toujours associée à la chalcopyrite, qui n'accompagne que la variété argentifère de la tétraédrite de ce gisement. Elle se trouve toujours à l'état de cristaux n'atteignant que très rarement 3^{mm} de plus grande dimension, mais très bien formés, dans les druses du remplissage du filon. Ces cristaux diffèrent de couleur et d'éclat selon qu'ils sont associés ou non à la calcite. Dans le premier cas ils sont brun marron à l'extérieur, montrent des teintes d'irisation et un éclat métallique, tandis qu'ils sont jaunes et parfaitement transparents à l'intérieur. Les cristaux des druses possèdent parfois aussi un éclat adamantin très brillant, lorsqu'ils ne sont pas irisés superficiellement. Les cristaux englobés dans la calcite sont d'un jaune d'or éclatant et parfaitement transparents. Ils n'ont pas été corrodés par la solution calcifère, ce qui est d'autant plus curieux que la tétraédrite, chimiquement bien plus résistante, a été fortement attaquée au moment du dépôt de la calcite qui la recouvre parfois.

Formes déterminées :

b^1 (110)	$+\frac{1}{2}a^2$ (211)
p (100)	$+\frac{1}{2}a^3$ (311)
$+\frac{1}{2}a^1$ (111)	$-\frac{1}{2}a^2$ (211)
$-\frac{1}{2}a^1$ ($1\bar{1}1$)	b^4 (410)

L'octant où apparaît $+\frac{1}{2}a^3$ a été pris pour positif, suivant l'habitude. Ces formes, toutes connues et fréquentes dans la blende, s'assemblent dans les combinaisons suivantes :

1. b^1, $+\frac{1}{2}a^3$
2. b^1, $+\frac{1}{2}a^3$, $+\frac{1}{2}a^1$
3. b^1, $+\frac{1}{2}a^3$, $+\frac{1}{2}a^1$, $-\frac{1}{2}a^2$
4. b^1, $+\frac{1}{2}a^3$, $-\frac{1}{2}a^2$, $+\frac{1}{2}a^1$, $+\frac{1}{2}a^2$
5. b^1, p, $+\frac{1}{2}a^1$, $-\frac{1}{2}a^1$, b^4.

J'ai mesuré un cristal de la combinaison 1 et un autre de la combinaison 5.

Tous les cristaux observés sont plus ou moins maclés d'après a^1, bien que le maclage se réduise souvent à l'interposition d'une mince lamelle hémitrope entre les deux moitiés du cristal dominant. b^1 domine dans tous les cristaux; ses faces sont fort brillantes, tandis que celles de $+\frac{1}{2}a^3$ ne le sont jamais. Elles sont striées en cône, rarement planes, presque toujours convexes, très rarement concaves, mais donnant toujours de mauvaises mesures. Les faces de $-\frac{1}{2}a^2$ sont très réduites et rares, $+\frac{1}{2}a^2$ n'a été observée qu'une seule fois, représentée par des facettes linéaires, tangentes aux arêtes de b^1 et situées entre les faces de $+\frac{1}{2}a^3$ et $\frac{1}{2}a^1$.

Dans un cristal de la combinaison 1, d'une coloration chatain clair, les arêtes du rhombododécaèdre qui seraient tronquées par $-\frac{1}{2}a^2$, si cette forme était présente, possèdent une coloration métallique jaune et sont, en outre, biseautées par un hexatétraèdre négatif à faces courbes non mesurables.

Le cristal 5 est très intéressant par son faciès absolument holoédrique. Il est verdâtre et très éclatant et était implanté en compagnie d'autres cristaux analogues sur des rhomboèdres courbes de dolomite. Il a un peu plus de 1^{mm} de diamètre et son développement est extrêmement régulier et parfait, sa seule irrégularité étant une mince lamelle hémitrope passant par son centre. Le rhombododécaèdre est dominant, les faces du cube et des deux tétraèdres, celles-ci également développées et sans différence aucune, sont assez larges, tandis que b^4 est réduit à des facettes linéaires, mais existant au complet. Les six meilleures mesures approximatives de ces facettes varient entre 30° et 32°, tandis que le calcul demande pour l'incidence $b^1 b^4$: 30° 58′.

c. Saint-Nicolas.

La blende a été fournie en grande quantité par cette

ancienne mine; sa présence rendait le travail du minerai difficile (4, p. 178).

La blende s'est aussi trouvée à Champ-Brécheté et à Goutte-Henri. Je n'ai pu m'en procurer.

d. Blende de « Mine ».

La blende s'observe à Mine dans les filonnets quartzeux pyritifères et antimonifères de Mine. Elle est massive, parfois indistinctement cristallisée et brun foncé. Parfois il existe des mélanges intimes, à très petits éléments, de blende avec quartz et stibine. Ces mélanges présentent des masses à éclat gras assez curieux dont il est difficile de discerner les éléments constituants.

IV. — *Minerais d'arsenic et d'antimoine et leurs produits de décompositions.*

Arsenic natif.

L'arsenic natif ne s'est trouvé qu'une seule fois, en masses finement grenues et vaguement rognonnées, dans le filon de Sylvester.

Stibine.

A. Stibine de « Honilgoutte (Katz) ».

La stibine est signalée par tous les auteurs comme un minéral fréquent dans le val de Villé, apparemment parce qu'ils confondaient tous la berthiérite, commune à Charbes, avec la stibine, jusqu'à la publication de l'analyse de Daubrée.

La stibine se trouve parfois à Honilgoutte dans les druses de la berthiérite, lorsque celle-ci se trouve en grandes masses. Elle est très rare aujourd'hui, tandis que d'après la description de Daubrée la stibine a dû se trouver assez fréquemment autrefois. Elle se présente en masses bacillaires et plus souvent encore en enchevêtrements de cristaux très minces qui se distinguent de ceux de la berthiérite par leurs faces

distinctes, leur brillant, une coloration un peu plus claire et un clivage plus parfait. Les cristaux ne sont jamais terminés, mais leur zone verticale riche en faces bien développées est mesurable malgré le très faible diamètre des cristaux.

Voici les formes observées dans deux cristaux :

h^1 (100)	$^*g^{\frac{11}{5}}$ (380)
h^2 (310)	$g^{\frac{3}{2}}$ (150)
m (110)	$g^{\frac{7}{6}}$ (160)
g^7 (340)	$^*g^{\frac{9}{7}}$ (180)
g^4 (350)	g^1 (010)
g^3 (120)	

La forme nouvelle $g^{\frac{9}{7}}$ (180) n'est guère douteuse, bien qu'elle ne soit représentée que par une face. $g^{\frac{11}{5}}$ (380) est douteuse, car l'incidence observée se rapproche autant de celle exigée par le symbole $g^{\frac{15}{7}}$ (4.11.0) et encore plus de celle exigée par $g^{\frac{37}{17}}$ (10.27.0). L'image est simple et assez lumineuse. Toutes les autres formes observées sont fréquentes dans la stibine.

Angles avec g^1 (010)

	Mesurés :	Calculés :	
(310)	71°.52′	71°.41′	
(340)	37.10	37.18	
(350)	31 approx.	31.28	
(120)	26.44	26.34	
(380)	20.30	20.54	[(4.11.0) : (010) = 20°16′)]
(150)	11.30	11.29	
(160)	9.24	9.36	
(180)	7.30	7.14	

Parmi les nombreux échantillons du minerai d'antimoine de Honilgoutte et du Trou-du-Loup que j'ai examinés, un seul a été trouvé exempt de fer. Tous les autres donnent les

réactions du fer et se rapportent donc à la berthiérite. A l'état massif cette dernière ne se distingue de la stibine ni par la couleur, ni par l'éclat, ni par la structure.

B. Stibine de « Mine ».

Le filon méridional de « *Mine* » a fourni de la stibine accompagnée de blende et de pyrite sous forme de fines aiguilles d'un gris terne extrêmement ténues et enchevêtrées, qui atteignent 5^{mm} de longueur. Parfois la stibine est intimement mélangée à la blende (*voir* page 264).

Daubrée signale la stibine dans deux filons d'Urbeis : celui de la Chapelle, où elle serait associée à la pyrite et au quartz et dans l'un de ceux de Champ Brécheté, accompagnée de chalcopyrite, tétraédrite, blende et galène.

Je n'ai pu y trouver trace de minéraux d'antimoine (*voir* aussi page 208).

Berthiérite.

La berthiérite se trouve en assez grandes quantités près de Charbes, dans les filons de Honilgoutte et du Trou-du-Loup. Les minerais fournis par ces deux mines sont identiques sous tous les rapports, aussi ne seront-ils pas traités séparément ici.

Le minerai antimonifère de Charbes a été regardé comme étant de la stibine jusqu'en 1850. Il est vrai qu'autrefois, d'après la description de Daubrée, qui a analysé le minéral pour la première fois (10, p. 123-124), la stibine paraît avoir été trouvée en bien plus grande quantité que pendant les dernières années. En effet, voici ce que dit Daubrée : « La berthiérite se trouve au milieu de la stibine, à laquelle elle est intimement mélangée. Le minéral est gris d'acier et n'est pas lamelleux comme la stibine. L'antimoine et le fer y sont renfermés dans la proportion de 32 à 18, c'est-à-dire que FeS et Sb^2S^3 y sont combinés équivalent à équivalent.

comme à Braünsdorf et à Anglar. Elle contient de l'arsenic et un peu de zinc. » Pendant les dernières années d'exploitation la berthiérite a été de beaucoup prédominante à Charbes (*voir* plus haut).

Une analyse faite avec le minéral en masses fibrolamellaires paraissant tout à fait homogènes, mais englobant du quartz en grains minuscules, a donné le résultat suivant :

	Trouvé.	Calculé pour 100, après abstraction de SiO^2.	Calculé pour $FeS.Sb^2S^3$.
S.....	28,02	29,56	30,24
Sb.....	54,06	57,02	56,55
Fe.....	12,72	13,42	13,21
As.....	traces	—	—
SiO^2.....	5,29	—	—
Total.....	100,09	100,00	100,00

Le minéral se rapporte donc à la variété anglarite de la berthiérite. Sa densité varie de 4,21 à 4,23 ; sa dureté n'est pas déterminable exactement par suite de la présence constante de grains de quartz ; elle est en tous cas supérieure à celle de la stibine.

La berthiérite se trouve à Charbes sous trois formes différentes, déjà décrites par Graffenauer (4, p. 262) comme variétés d'antimoine sulfuré :

1. En cristaux (« variété cylindroïde ») qui présentent une zone verticale profondément cannelée et non mesurable. Les cristaux, qui ne présentent jamais de formes terminales, sont enchevêtrés dans des géodes et atteignent jusqu'à 40^{mm} de longueur. Ils sont teintés en bleu métallique par irisation superficielle et montrent un plan de clivage assez distinct suivant une face de la zone verticale. Les gerbes de cristaux sont parfois parsemées de cristaux hyalins de quartz présentant le prisme assez court et bipyramidé ; ils atteignent 2^{mm}

de longueur sur $0^{mm},5$ de largeur et sont orientés à peu près parallèlement aux cristaux de berthiérite.

2. En aiguilles capillaires (« variété aciculaire ») parfois feutrées comme la harkise ou certaines variétés de hétéromorphite. Examinées au microscope, elles présentent des prismes riches en faces assez planes et brillantes, mais toujours sans faces terminales. Ces aiguilles sont, le plus souvent, irisées superficiellement; parfois, au contraire, elles sont d'un gris terne; elles sont implantées dans des druses du quartz qui cimente le remplissage bréchiforme du filon. Quelquefois elles imprègnent complètement le spath brunissant qui les accompagne de façon à le colorer en noir.

3. En masses fibrobacillaires (« variété amorphe, en masses lamelleuses ») qui atteignent très souvent la grosseur du poing et parfois de bien plus grandes dimensions. Les fibres radiales ont parfois plus de 10^{cm} de long et présentent un clivage assez distinct, faisant ressembler ces masses à la stibine radiée. Le minéral est toujours pénétré de quartz, même des échantillons paraissant tout à fait homogènes en sont relativement riches (*voir* l'analyse). Dans plusieurs des échantillons recueillis le quartz domine de beaucoup.

La berthiérite ne se rencontre pas à « Mine ». Les circonstances s'y sont apparemment mieux prêtées à la cristallisation séparée et simultanée du sulfure d'antimoine et du sulfure de fer.

Kermésite.

La kermésite a été signalée par tous les auteurs comme existant à Honilgoutte et au Trou-du-Loup. Le plus souvent cependant on a pris pour de la kermésite une stibiconite ferrifère et brun rouge qui se rencontre, en effet, souvent à Charbes. C'est ainsi que la « kermésite de Charbes », qui se trouve dans la collection de la Société industrielle de Sainte-Marie-aux-Mines, n'est autre que de la stibiconite. Je n'ai

trouvé à Honilgoutte qu'un seul échantillon présentant, parmi des rhomboèdres de dolomite grise, des aiguilles rougeâtres microscopiques ressemblant beaucoup à la gœthite des géodes du mélaphyre d'Oberstein. Elles contiennent de l'antimoine et du soufre et se rapportent donc probablement à la kermésite.

Stibiconite.

Des enduits pulvérulents jaune verdâtre à jaune orange sur berthiérite massive ne sont pas rares à Honilgoutte.

Quelquefois la stibiconite est teinte en brun par du fer, ce qui l'a fait prendre pour de la kermésite.

IV. — *Minéraux ferrifères et minéraux analogues.*

Pyrite.

La pyrite se rencontre à « Sylvester », aux épontes du filon, sous forme de cristaux enclavés parfois en grand nombre dans les schistes graphitiques avoisinants.

Les plus grands atteignent 1^{cm} de diamètre. Ils présentent le cube, strié et courbé d'après $+\frac{1}{2}\,b^2$ et sont soit isolés, soit réunis en groupes.

La pyrite s'est aussi rencontrée rarement à l'état massif dans le quartz.

A « Donner », la pyrite se trouve parfois aux épontes à l'état de masses grenues ou finement imprégnée dans la gangue.

A « Honilgoutte » la pyrite ne se trouve pas en compagnie de la berthiérite, mais, au contraire, concentrée sur certains points avec du mispickel non loin des épontes des filons dans le schiste argileux verdâtre. Les cristaux, assez rares et petits, ne montrent guère que le cube avec des traces du pyritoèdre. On a rencontré aussi de grandes masses finement grenues atteignant un poids de 15^{kg} et se distinguant par une décomposition extrêmement rapide à l'air.

La pyrite existe à « Mine », tant engagée dans le schiste de Villé où affleurent les filonnets, que cristallisée dans les géodes de ces filonnets. Dans ce dernier cas, ses cristaux atteignent $0^{mm},5$ à 1^{mm} de plus grand développement et sont accompagnés de stibine en aiguilles; les deux minéraux sont contemporains. La forme dominante des cristaux est parfois l'octaèdre accompagné du cube et de $\frac{1}{2}\,b^2$.

Mélantérite.

Les masses grenues de pyrite de Honilgoutte s'altèrent très vite à l'air pour former de la mélantérite pulvérulente; parfois on peut observer ce sulfate à l'état d'efflorescence fibreuse.

Botroygène.

La pyrite engagée dans le schiste avoisinant le filon méridional de « Mine » a produit par oxydation un minéral qui tapisse les fentes de ce schiste de fins cristaux aciculaires bruns atteignant 1^{mm} de longueur. Ces cristaux, réunis en faisceaux, présentent parfois à leur extrémité libre une face dont l'angle plan avec la verticale, mesuré au microscope. est d'environ 124°. La couleur des aiguilles dépend de leur épaisseur et varie de jaune d'or à brun rouge; elles apparaissent au microscope assez transparentes et pourvues d'un éclat vitreux très gras. Les échantillons du minéral, conservés dans un endroit sec pendant six mois, semblent être restés absolument inaltérés.

La densité des fines aiguilles ne peut être déterminée avec exactitude; les chiffres obtenus varient entre 1,9 et 2,2. Elles sont presque insolubles dans l'eau et ne possèdent qu'une très légère saveur un peu astringente. L'acide chlorhydrique les dissout lentement à froid, très vite à chaud; la liqueur est jaune.

Une analyse faite avec $0^{g},4$ de substance m'a donné les

résultats indiqués sous I :

	I. Pour 100.	II. Pour 100.	III. Pour 100.
ZnO	—	—	4,8
CaO	—	2,91	—
FeO	—	—	0,5
MgO	6,18	5,69	6,7
Fe^2O^3	26,64	26,50	18,7
Al^2O^3	2,73	—	—
P^2O^5	0,11	—	—
SO^3	32,42	36,53	37,6
H^2O	31,04	30,90	31,0
Total	99,12	102,53	99,3

Les résultats d'une analyse de Berzelius (II) et d'une de Clève (III), opérées avec du botryogène de Suède, sont donnés pour la comparaison.

La teneur totale en eau a été déterminée à part, le minéral donnant de l'acide sulfureux vers 300° et n'ayant perdu que les deux tiers de son eau à 230°.

L'analyse indique donc un minéral se rapprochant du botryogène ; si les valeurs obtenues par moi concordent mal avec les deux analyses données plus haut, celles-ci concordent encore plus mal entre elles, de sorte qu'il ne paraît pas indiqué de voir dans le minéral en question une nouvelle espèce. Par contre, il est intéressant de calculer une nouvelle formule d'après les valeurs de mon analyse. Le calcul conduit à la formule assez compliquée :

$$(1) \qquad 3MgO.\ \tfrac{1}{4}Fe^2O^3.\ 8SO^3.\ 3\tfrac{1}{4}H^2O.$$

Mais, si l'on admet qu'une petite quantité du fer n'a été oxydée que par la suite et qu'elle remplaçait, à l'état ferreux, une partie équivalente de magnésium, la composition originelle du minéral correspondrait, quoique assez mal, à la formule très simple :

(2) $(Mg, Fe)O.(Fe, Al)^2O^3.2SO^3.9H^2O$.

	Trouvé.	Trouvé, réduit en pour 100.	Calculé pour (2).	Calculé pour (1).
MgO.....	6,18	6,24	7,72	6,01
Fe^2O^3 / Al^2O^3 ...	29,37	29,66	30,62	31,79
SO^3.....	32,42	32,74	30,64	31,81
H^2O	31,04	31,36	31,02	30,39
Total....	99,01	100,00	100,00	100,00

La quéténite (Frenzel), trouvée au Chili, est un sulfate analogue de fer et de magnésium. Il répond à la formule :

	MgO.	Fe^2O^3.	$3SO^3$.	$13H^2O$.	
Calculé...	5,98	23,72	35,61	34,69	pour 100.

Marcassite.

M. Lacroix (*Min. Fr.* t. II, p. 618) signale la marcassite dans les filons du « Val de Villers d'Urbeis » en cristaux brillants offrant la mâcle de la sperkise. Ils sont engagés dans du quartz qui ne laisse libre qu'une étroite bordure brillante formée par des faces e^1 (011). Je n'ai pu retrouver un échantillon analogue.

La marcassite est d'ailleurs certainement très rare dans le Val de Villé. Peut-être se rencontre-t-elle à Sylvester, où j'ai observé de petites houppes de cristaux microscopiques radiés implantées très rarement sur des cristaux de tétraédrite; ces houppes n'atteignent pas 1^{mm} de plus grande dimension. A en juger d'après sa couleur, d'un gris verdâtre à faible éclat métallique, et sa dureté assez considérable, le minéral en question pourrait être de la marcassite.

Mispickel.

Le schiste de Honilgoutte est parfois, surtout aux épontes des filons de berthiérite, imprégné de tout petits cristaux de mis-

pickel, atteignant au plus $0^{mm},4$ de longueur. Ils ont tous le même facies prismatique et présentent les formes suivantes :

m (110), prépondérant et finement strié horizontalement.
p (001), assez large, strié parallèlement à la brachydiagonale.
e^1 (011), strié parallèlement à l'intersection avec *p*.

Les mesures approximatives très imparfaites ont donné :

pour (110) : $(1\bar{1}0) = 69°$ calculé $\left(\begin{matrix} a : b : c \\ 0{,}6851 : 1 : 1{,}1859 \end{matrix}\right) = \begin{matrix} 68°48' \\ 100°38' \end{matrix}$
» (011) : $(0\bar{1}1) = 98°$ »

Le schiste, vert clair partout ailleurs, est décoloré tout autour des amoncellements de mispickel.

Hématite.

L'hématite massive s'est rencontrée dans un filon de quartz de la montagne des Coltes, affleurant probablement tout près des filons cuprifères. Peut-être est-ce de ce filon que parle Daubrée (II, p. 284), quand il signale, à la montagne dite « le Haut », l'hématite en quantités exploitables. « Le Haut » est employé dans le pays pour désigner un assez grand nombre de montagnes.

A Donner, l'hématite ne s'est rencontrée que sous forme de mince pellicule sur des cristaux de galène.

L'hématite en lames micacées est très répandue dans beaucoup de filons quartzeux du Val de Villé. Les lames translucides fournies par les filons de la Rancenière, près de Charbes, sont les plus belles que j'aie vues dans ce genre de gisement.

Limonite.

La limonite est très fréquente, comme produit de décomposition des minéraux ferrifères, sur toutes les haldes du Val de Villé. Le chapeau de fer de Donner et celui de Triembach en ont fourni de grandes quantités, tandis que le filon de Sylvester, à l'endroit exploité du moins, n'en a pas montré trace.

Pharmacosidérite.

Les géodes du filon de Triembach présentent aux endroits particulièrement riches en tétraédrite, d'ailleurs fort rares, soit de la chrysocolle en couches amorphes, soit des cubes très petits, mais bien formés, d'un minéral brun olive à éclat vitreux qui est plus que probablement de la pharmacosidérite, produite évidemment par la décomposition de la tétraédrite.

Sidérite.

a. Sidérite de *Sylvester.*

La sidérite existe en grande quantité à Sylvester comme premier dépôt minéral des filons. Elle constitue parfois entièrement le remplissage de filonnets atteignant 8^{cm} d'épaisseur, parfois la dolomite y prend part comme minéral de dépôt secondaire, accompagnée très rarement de chalcopyrite.

Les cristaux sont relativement rares et ne présentent que des rhomboèdres lenticulaires de 10^{mm} de largeur maxima.

Une analyse de ces cristaux a donné la composition suivante :

$FeCO^3$.....	92,22	pour 100	
$MgCO^3$.....	7,59	»	traces de manganèse
Total...	99,81		

La sidérite de Sylvester n'est donc pas du carbonate de fer pur; elle représente un passage entre ce dernier et la Breunérite.

D'autres cristaux, très rares, de sidérite présentent le rhomboèdre primitif bien développé, sans courbure ni aplatissement; ils atteignent 1^{mm} et sont brun jaune, transparents, très éclatants et lisses.

b. La sidérite se trouve à « Donner » en couches alternant avec des couches de quartz et constituant ainsi le remplissage des filonnets non métallifères; il existe parfois dans les druses

de ceux-ci des rhomboèdres courbés en forme de selle. Je n'ai jamais rencontré la sidérite dans les filons renfermant de la galène ou de la chalcopyrite.

c. De Dietrich et Daubrée signalent la sidérite à Saint-Nicolas et à Goutte-Henry. La sidérite indiquée par les mêmes auteurs à Honilgoutte n'est qu'un spath brunissant devenant, à l'air, tout à fait semblable à une sidérite opaque.

Pyrolusite.

La pyrolusite se rencontre à Triembach sous forme de couches d'un noir brillant, formées par oxydation du manganèse primitivement contenu dans le spath brunissant, remplacé depuis par de la limonite. Elle se trouve aussi à Sylvester et à Champ-Brécheté en taches noires tapissant certaines fentes des schistes avoisinant ces filons.

Smaltite.

Le traitement, par l'acide chlorhydrique, d'un échantillon de Sylvester présentant de la tétraédrite englobée dans de la dolomite, a mis au jour un minéral blanc d'argent à éclat métallique implanté sur le quartz en petits cristaux peu nombreux dans une fente secondaire.

Les cristaux, très petits, examinés au microscope, présentent tous le cube dominant, aux angles tronqués par l'octaèdre. Les deux formes sont, parfois, presque également développées.

La très petite quantité de substance ne permettant pas une analyse complète, j'ai détaché un cristal de sa gangue pour le soumettre à des essais pyrognostiques. J'ai pu y déterminer la présence de l'arsenic, du fer et du cobalt, de sorte que le minéral en question se rapporte très probablement à la smaltite.

Peut-être les indications des auteurs anciens, qui signalent de la mine de cobalt à Urbeis et à Lalaye (*voir* p. 197), se

rapportent-elles à la smaltite. Mais il est plus que probable qu'il s'agit d'une erreur.

VI. — *Minéraux des gangues.*

Quartz.

Le quartz est une des gangues les plus communes des filons du Val de Villé; il est parfois seul, parfois accompagné de dolomite, de calcite ou de sidérite. Partout il est fréquent à l'état cristallisé, sauf à Sylvester. C'est souvent le seul minéral qui existe encore dans les tas de déblais des anciennes mines.

Voici quelques gisements à citer :

a. Sylvester.

Les cristaux de quartz sont assez rares à Sylvester, mais ils sont presque hyalins et très éclatants. Ils atteignent 15^{mm} de long et montrent le prisme dominant et les deux rhomboèdres primitifs également développés.

b. Donner.

Les cristaux de quartz de Donner sont souvent teintés en brun par la limonite, ou recouverts d'une couche du même minéral. Ils atteignent souvent 10^{mm} de diamètre et sont parfois terminés aux deux bouts. La seconde génération du quartz s'est déposée sur de la dolomite qui a été dissoute par la suite en y laissant l'empreinte de ses rhomboèdres.

c. Le quartz se trouve en grandes quantités sur les vastes haldes de Champ-Brécheté, où il n'est pas rare de rencontrer de superbes pyramides polysynthétiques atteignant 6^{cm} de diamètre.

d. Noirceux.

Le quartz de Noirceux est remarquable par le grand développement qu'y atteint le prisme : les cristaux mesurent parfois 30^{mm} de long sur 5^{mm} à 8^{mm} de large. Les faces du prisme oscillent avec p et $e^{\frac{1}{2}}$ de façon à diminuer l'épaisseur

des cristaux vers le pointement et à simuler des rhomboèdres aigus. Ces cristaux ne présentent d'ailleurs aucune forme autre que celles du quartz de filon ordinaire.

Calcédoine.

La calcédoine s'est trouvée une seule fois à Donner, sous forme de couches alternantes gris clair et gris foncé recouvrant les parois d'une druse de quartz, qui présente aussi quelques cristaux de sidérite.

Fluorine.

La fluorine est rare dans le Val de Villé. Je ne l'ai rencontrée qu'une seule fois à Sylvester, en solides de clivage gris vert accompagnant la galène. — A Donner, on a rencontré un filonnet dont le remplissage se composait de quartz et de fluorine violette massive.

L'ancienne galerie de la « mine du Château » suivait, d'après Graffenauer (4, p. 200), un filon dont le toit se composait de chaux fluatée, tandis que le chevet aurait consisté en « une espèce de chaux phosphatée ». La présence de la fluorine massive dans ce filon a pu être confirmée lors des dernières recherches; je n'ai pu m'en procurer.

Calcite.

La calcite est remarquablement rare dans les filons du Val de Villé. Peut-être existe-t-elle dans les filons inexploités depuis longtemps et son absence sur les haldes s'explique-t-elle par une dissolution postérieure. Quoi qu'il en soit, la présence de la calcite n'a été constatée qu'à Sylvester et à Goutte-du-Moulin. Encore, dans le premier de ces filons, la calcite disparaît-elle à côté de la dolomite, de l'ankerite et de la sidérite. Elle est, il est vrai, à l'état massif, la gangue caractéristique de la variété arsénifère de tétraédrite; mais elle ne se trouve qu'en rares cristaux isolés sur l'ankérite accompagnant la tétraédrite argentifère.

Ces cristaux atteignent 10^{mm} de diamètre et ne présentent le plus souvent que b^1 $(01\bar{1}2)$, seul ou accompagné de petites facettes e^2 $(10\bar{1}0)$. Quelquefois les cristaux sont allongés suivant la verticale par suite du grand développement d'un rhomboèdre très aigu, à faces courbes non mesurables, donnant aux cristaux une apparence prismatique. Ceux-ci sont gris et translucides ; les faces b^1 sont planes mais finement striées suivant l'arête d'intersection avec le rhomboèdre primitif.

La calcite ne s'est trouvée à ma connaissance qu'en masses feuilletées dans le filon de Goutte-du-Moulin.

Dolomite.

La dolomite existe à Sylvester en deux variétés : l'une très pauvre en fer et blanche, l'autre assez riche en fer et rose quoique ne contenant pas de manganèse.

Voici le résultat de l'analyse de cette seconde variété :

$CaCO^3$.....	53,12	pour 100
$MgCO^3$.....	37,45	»
$FeCO^3$.....	8,37	»
	98,94	

La variété blanche, non ferrifère, se présente souvent en fort beaux cristaux presque transparents, atteignant 20^{mm} de plus grande dimension et présentant le rhomboèdre p avec parfois des faces ternes de la base a^1. L'angle du rhomboèdre est exactement mesurable : il est de 106°14′. Ces cristaux accompagnent très souvent les cristaux de chalcopyrite des types II et III.

Les cristaux de la variété ferrifère sont fortement courbés et non mesurables ; ils sont plus petits et ne montrent que le rhomboèdre primitif.

La dolomite se trouve à Honilgoutte et à « Mine » sous forme de rhomboèdres grisâtres atteignant 5^{mm} et tapissant

les druses de filonnets stériles, présentant la dolomite comme seul minéral.

Ankérite et spaths brunissants.

La tétraédrite de Sylvester est assez souvent accompagnée de grands rhomboèdres d'un blanc jaunâtre, dont l'analyse a montré qu'ils se rapportent à l'ankérite :

$CaCO^3$.....	52,65	pour 100
$MgCO^3$.....	25,47	»
$FeCO^3$.....	21,85	»
	99,97	

Les cristaux, presque blancs à l'état frais, deviennent jaunes à l'air et prennent un éclat nacré. L'ankérite est un minéral de dépôt récent.

Un autre spath brunissant est beaucoup plus commun à Sylvester ; il présente des rhomboèdres très fortement tordus, parfois en forme de selle, brun clair à l'état frais et fonçant peu à l'air. L'analyse de ce minéral a mis en évidence sa grande teneur en fer :

$FeCO^3$.....	61,25	pour 100
$MgCO^3$.....	35,08	»
$CaCO^3$.....	3,10	»
	99,43	

C'est donc une breunérite encore plus riche en fer que la pistomésite. Elle forme un passage entre cette dernière et la sidérite.

Le filon de Donner contenait primitivement (*voir* plus haut p. 205 et 276) beaucoup de carbonates, cristallisés en rhomboèdres, qui furent dissous par la suite et n'ont laissé que leurs empreintes dans le quartz de la seconde génération. On trouve encore de rares géodes contenant un spath brunissant peut-être identique à celui qui a disparu partout ailleurs. Ce spath est fortement altéré et n'occupe, sous forme

d'agrégats spongieux, qu'une petite partie de l'espace occupé primitivement par des carbonates.

Les spaths brunissants n'existent pas à ma connaissance dans les autres filons d'Urbeis. Peut-être cette absence n'est-elle qu'apparente, et les carbonates primitivement jetés sur les haldes ont-ils disparu par dissolution atmosphérique.

On trouve à Honilgoutte et au Trou-du-Loup de grands solides de clivage d'un carbonate ferrifère atteignant la grosseur du poing. Ce carbonate est parfois cristallisé en beaux rhomboèdres exactement lenticulaires. Cristaux et solides de clivage sont parfois tellement imprégnés de fines aiguilles de berthiérite qu'ils prennent une couleur noire et un éclat presque métallique. Les petites druses existant quelquefois au milieu des masses sont alors remplies de ces mêmes aiguilles en agrégats lâches ou feutrés. Le carbonate frais est translucide et gris jaunâtre et prend à l'air une teinte brun cuir. C'est pourquoi il a été pris pour de la sidérite.

La limonite se trouve parfois à Triembach en pseudomorphoses d'après des rhomboèdres courbes d'un spath brunissant qui contenait beaucoup de manganèse, à en juger d'après la couche noire et brillante de pyrolusite qui les recouvre maintenant.

Aragonite.

L'aragonite s'est trouvée en nodules dans la limonite du chapeau de fer du filon de Schnarupt, près Urbeis. Ces nodules atteignent parfois de fortes dimensions (5^{cm} de diamètre) ; elles sont alors creuses et tapissées de grands cristaux très éclatants d'aragonite presque transparente. Ces cristaux atteignent quelquefois 2^{cm} à 3^{cm} de longueur sur 5^{mm} de grosseur maxima et présentent une apparence aciculaire, grâce au grand développement de pyramides et de dômes extrêmement aigus. Malheureusement les faces des cristaux,

bien qu'éclatantes, sont inégales et raboteuses au point de rendre impossible toute mesure exacte.

Barytine.

La barytine est très rare dans les filons du Val de Villé ; seuls les filons de Schnarupt la renferment à l'état massif, en assez grande quantité.

Lors des dernières recherches on en a également trouvé, accompagnée de très peu de galène et de chalcopyrite, dans un filon que je n'ai pu retrouver. Il affleure, paraît-il, à l'entrée du petit vallon situé au nord de Bas-d'Urbeis.

La barytine s'est trouvée comme accident minéralogique dans le filon de Honilgoutte. J'ai vu un solide de clivage de ce gisement entièrement imprégné de berthiérite, comme le spath brunissant décrit plus haut.

Graphite.

Le graphite n'existe qu'en mince pellicule dans les fentes du schiste qu'il colore en noir brillant, et qui se trouve aux épontes des filons de Sylvester et de la Montagne des Coltes. Le schiste graphitique de Sylvester est parfois fortement imprégné de pyrite.

VII. — *Minéraux dont la présence dans le Val de Villé est douteuse.*

Or natif.

L'existence de l'or dans les filons du Val de Villé est très improbable ; seule la tradition locale en fait mention et tout ce que les anciens auteurs rapportent à ce sujet repose sur des on-dit plus ou moins légendaires et communs à tous les districts miniers. Tel est le cas de la mine de la « Porte de Fer », dont l'existence est très problématique et dont la fermeture solide serait due à la présence du précieux métal. Hammer (5, p. 287) signale l'or dans le Val de Villé ; mais il veut dire

probablement par là que les minerais tirés du Val de Villé contiennent de l'or en quantités exploitables. C'est pourquoi j'ai soumis la chalcopyrite de divers gisements à un essai pour y déceler l'or, mais avec un résultat négatif.

Argent natif.

Schœpflin parle d'argent natif associé à la mine de cobalt trouvé dans le Val de Villé. Graffenauer (4, p. 256) semble confirmer en partie ce dire en signalant, dans les filons de Lalaye, de la mine de cobalt argentifère. Mais ni Daubrée, ni de Dietrich ne citent rien de pareil. D'ailleurs les descriptions de Graffenauer, souvent inexactes, ne méritent pas grande confiance.

Cobaltine.

Daubrée a signalé (11, p. 410) la cobaltine dans la carrière de Noiregoutte, près Lalaye, et cette indication a été citée par M. Lacroix (*Min. France,* t. II, p. 637). La carrière dont il s'agit, située tout près et au nord du village, fournit une sorte de quartzite jaunâtre, qui ne présente, actuellement du moins, aucune trace d'un minerai quelconque, qui, dans le cas particulier, serait décelé par des produits de décomposition colorés. Bien que les indications de Daubrée soient dignes de toute confiance, il me semble probable que, dans l'occurrence, il y a erreur. Il est fort possible que Daubrée n'ait pas trouvé personnellement le minéral en question, qui lui aura été transmis par un tiers. Ceci expliquerait aussi le fait que Daubrée signale ce minéral rare assez à la légère, sans aucune description et sans commentaire.

Ce travail a été exécuté au laboratoire de minéralogie de l'Université de Strasbourg. Qu'il me soit permis de remercier ici MM. les Professeurs Bücking et Bruhns qui n'ont cessé de faciliter ma tâche avec la plus grande bienveillance.

Observations à propos de la herschélite et des zéolithes qui l'accompagnent dans les roches de Palagonia, Val di Noto (Sicile); Par Ferdinand Gonnard.

Depuis longtemps Damour a proposé de réunir à la herschélite le minéral désigné sous le nom d'*hydrolite,* ces deux substances ayant, d'après ses analyses (1), même composition, et la seconde de ces dénominations offrant l'inconvénient d'annoncer une propriété commune à un très grand nombre d'espèces minérales. D'après ce savant, les échantillons qu'il tenait de Scacchi se présentent dans les cavités d'une lave altérée des environs d'Aci-Reale, en Sicile.

Disons immédiatement que von Lasaulx a pris soin de rectifier cette erreur de provenance (2), et qu'à la place d'Aci-Reale il faut lire Aci-Castello. Il ne semble pas d'ailleurs qu'elle doive être attribuée à Damour, qui devait avoir reçu, avec les échantillons, des indications de gisement, mais bien plutôt à une négligence de Scacchi.

Dufrénoy sépare l'hydrolite de l'herschélite (3), en fait deux espèces distinctes, maintient la priorité au nom d'*hydrolite,* rejette en seconde ligne le nom de *gmélinite* proposé par Brewster. Pour Dufrénoy, la forme primitive de l'hydrolite est un prisme hexagonal régulier, et la combinaison habituelle de formes que ce minéral présente est pmb^1.

Des Cloizeaux ne commet pas l'erreur de Damour; mais, dans son Manuel (t. I, 1862, p. 399), il n'indique, comme gise-

---

(1) *Ann. de Chim. et de Phys.*, 3e série, t. XIV.

(2) *Mineralogische Notizen* (*Zeitschr. f. Kryst.*, 4e série, t. V, 1881, p. 338).

(3) *Traité de Minéralogie*, t. IV, 1859, p. 203 et suivantes.

ment de l'herschélite, qu'une sorte de lave péridotique, avec phillipsite mamelonnée, d'Aci-Castello. Il mentionne pourtant la palagonite d'un brun rouge clair, mélangée de zéolithes du Val di Noto, et ses diverses variétés, la *korite,* l'*hyblite* et la *notite* de Sartorius de Waltershausen, mais ne cite aucune de ces zéolithes. Il réunit d'ailleurs, contrairement à Dufrénoy, l'herschélite à la gmélinite, la confondant, ainsi que la lédérérite, sous le même nom spécifique. Il semble ne connaître, comme cristaux d'herschélite, que ces prismes hexagonaux de 120° surmontés d'une pyramide triangulaire irrégulière et très surbaissée; et il admet qu'en rapportant la forme du minéral au rhomboèdre de la gmélinite, qui est de 112°26′, chaque sommet trièdre peut être considéré comme une combinaison de deux faces d'un rhomboèdre direct a^7 avec une face d'un second rhomboèdre direct $a\frac{11}{5}$.

Il convient de remarquer, d'autre part, que Des Cloizeaux, adoptant la proposition de Damour, ne mentionne le nom d'*hydrolite,* donné par Leman dans la description, faite par ce dernier, du musée minéralogique de M. de Drée, que comme synonyme de *gmélinite,* et il signale la combinaison de formes $pe^2 e^{\frac{1}{2}} a^1$, habituelle aux cristaux de cette espèce.

C.-F. Naumann (1), dans les nombreuses éditions de ses Eléments de Minéralogie, au moins dès la neuvième (1874) et dans la onzième, revue et complétée par F. Zirkel (1881), fait, lui, mention du gisement de Palagonia. Il signale les recherches de V. von Lang, qui assimila la forme de l'herschélite à celle de la withérite (macles triples d'éléments rhombiques, avec croisement parfait des individus); puis, celle de Becke, qui considérait l'herschélite non comme rhombique, mais bien comme monoclinique, ce dernier

(1) *Elemente der Mineralogie.*

précisant ainsi quelques indications déjà données par Des Cloizeaux; enfin, celles de von Lasaulx, confirmant l'opinion de F. Becke.

Un peu plus tard, P. Groth [1], dans la description qu'il a publiée de la collection minéralogique de l'Université de Strasbourg, comprend, comme Des Cloizeaux, l'herschélite, la lédérérite et la gmélinite, et, de plus que celui-ci, la désigne sous la rubrique *Chabasit* (*Phakolith*). Il ne parle pas de l'hydrolite et commet aussi l'erreur que von Lasaulx a reprochée aux savants français Damour, Beudant, Dufrénoy et autres, savoir : d'attribuer à l'unique herschélite sicilienne qu'il connaissait, Aci-Reale, comme lieu de provenance, alors que c'était Aci-Castello.

Si l'on consulte le chef-d'œuvre d'érudition et de science minéralogique qu'est l'ouvrage de C. Hintze [2], on voit, à l'article *herschélite*, qu'à l'exemple de Groth ce savant regarde ce minéral comme une chabasie prismatique et que, d'autre part, l'hydrolite est pour lui une variété de gmélinite. D'ailleurs, Hintze ne fait pas davantage mention de l'herschélite de Palagonia, bien que Naumann l'ait citée plus de vingt ans auparavant, et que (fait digne de remarque), à la fin de sa Notice sur l'herschélite d'Aci-Castello, von Lasaulx, après avoir comparé trois analyses d'herschélite, une de Damour, une de Sartorius de Waltershausen et une troisième faite par lui-même, ait conclu nettement, en reproduisant l'opinion de Sartorius, savoir, que Damour avait analysé une herschélite d'un gisement sicilien, autre que celui d'Aci-Castello, *par exemple, celui de Palagonia.*

---

(1) *Die Mineralien-Sammlung der Kaiser-Wilhems-Universität*, Strasburg, 1878, p. 238.

(2) *Handbuch der Mineralogie*, zwölf Lief., 1897, p. 1773 à 1778 et p. 1787.

Je reproduis ci-après les trois analyses :

	Damour [1].	Sartorius.	von Lasaulx.	Observations.
Silice.....	47,39	47,03	47,15	
Alumine.....	20,90	20,21	21,42	et Fe^2O^3
Chaux.....	0,38	4,66	5,34	
Magnésie.....	—	0,49	—	
Soude.....	8,33	4,82	6,69	par différence
Potasse.....	4,39	2,03		
Eau.....	17,84	17,86	19,40	
Peroxyde de fer.	—	1,14	—	
Totaux....	99,23	98,24	100,00	

Il y a donc en Sicile, dans deux localités voisines, d'après von Lasaulx, deux herschélites, ou deux chabasies prismatiques différentes : l'une, à peu près dépourvue de chaux, mais riche en potasse et en soude, et l'autre, riche au contraire en éléments alcalino-terreux, chaux et magnésie, et moitié moins riche que la première en alcalis.

Il y a mieux encore. J'ai reçu, dans le temps, de M. le professeur Andrea Aradas, de Catane, de nombreux échantillons de minéraux des îles Cyclopes, d'Aci-Castello et de Palagonia ; j'ai pu, en les étudiant, et en particulier ceux de cette dernière localité, y faire les observations ci-après :

L'herschélite de Palagonia n'est pas seulement accompagnée de cristaux, groupés en mamelons, de phillipsite ; elle s'associe également à de nombreux et beaux cubo-trapézoèdres d'analcime limpide, qui atteignent jusqu'à 7^{mm} de diamètre, et, en outre, à de *petits cristaux d'hydrolite* disséminés au milieu de ces derniers. Avec ces quatre zéolithes se trouve encore, sur les parois des géodes ou de la palagonite qui parfois les recouvre, un enduit blanc mamelonné de 1^{mm} à 2^{mm} d'épaisseur. C'est le résidu des eaux mères que l'on observe très souvent dans les poches à zéolithes des basaltes.

---

[1] Une analyse de l'herschélite d'Aci-Castello par Lemberg (*Zeitschr. d. geol. Gesell.*, 1876) donne des nombres très voisins de ceux de Damour.

A. Aradas n'a très probablement pas remarqué les très petits et très nets prismes hexagonaux d'hydrolite de Palagonia (ils offrent la combinaison de formes $pe^2e^{\frac{1}{2}}a^1$ de Des Cloizeaux), car ses étiquettes sont ainsi libellées : « Analcime ** con Gismondina. Vulcani estinti del Val di Noto. Palagonia ». Il a évidemment pris la phillipsite pour de la gismondine : erreur qu'il n'est pas le seul à avoir commise d'ailleurs, car la phillipsite de Capo di Bove a été regardée comme de la gismondine pendant longtemps, et tout d'abord par Lavinio de' Medici Spada.

Les cristaux d'herschélite de Palagonia, qui ne paraissent pas se rencontrer sur les mêmes échantillons que l'hydrolite, ne sont pas toujours enchevêtrés, et n'ont pas toujours la forme tabulaire qu'indiquent Des Cloizeaux et von Lasaulx ; ils s'isolent aussi en prismes hexagonaux simples, de 4^{mm} à 5^{mm} de diamètre et de 3^{mm} à 4^{mm} de hauteur; les faces du prisme et des bases sont très unies. Ces cristaux se groupent aussi soit entre eux, soit avec ceux d'analcime ou de phillipsite. Les plus purs reposent sur l'enduit blanc précité. Sur la palagonite ils forment des groupements confus, et présentent alors sur les arêtes des bases des troncatures à surface rugueuse, ne permettant pas de mesures précises.

En résumé, la roche de Palagonia offre une quadruple association de zéolithes, dont deux, l'analcime et l'hydrolite, n'ont pas été, à ma connaissance du moins, signalées jusqu'ici.

J'emprunterai, comme se rattachant à l'objet de cette petite Note, quelques considérations à une très intéressante étude due à M. Ferruccio Zambonini sur la composition chimique de certaines zéolithes des environs de Rome [1].

M. Zambonini signale les difficultés qu'il y a à établir la

---

[1] *Kurzer Beitrag zur chemischen Kenntniss einiger Zeolithe der umgegend Roms* (*Neues Jahrb. für Min., Geol. und Paläont.*, 1902).

formule de la chabasie. « La formule de la chabasie de Vallerano, dit-il, diffère assez de celle des chabasies ordinaires, et se rapproche beaucoup de celle de Richmond. Australie (seebachite de Bauer). La chabasie romaine est le membre le plus pauvre en matière siliceuse, et le plus riche en protoxydes (RO) de la série chabasitique. » Il fournit à cet égard deux analyses que je reproduis pour les comparer aux trois d'herschélite ci-dessus rapportées. La première est celle de cristaux de Vallerano et la seconde de sphéroïdes (Kügelchen) de Casal Brunori :

	I.	II.
Silice.....	40,51	41,32
Alumine.....	20,99	21,60
Chaux.....	10,27	9,34
Potasse.....	6,52	6,46
Eau.....	20,98	21,63
Totaux...	99,27	100,35

On voit que la soude a disparu, que la teneur de la potasse a augmenté, mais que celle de la chaux a doublé.

M. Zambonini ajoute cette remarque que, dans les onze analyses de la seebachite faites par divers minéralogistes, Pittman, Kerl, Lepsius, vom Rath, Lemberg, Hersch, Bodewig et Helms, la chaux a varié de 5,48 pour 100 à 10,85, et la potasse de 0 à 2,62.

Il conclut en ces termes :

« La constitution chimique de la chabasie a, depuis longtemps, attiré l'attention des chimistes et des minéralogistes. Rammelsberg avait déjà reconnu, en 1840 (1), que le rapport Al : Si est variable. Mais Rammelsberg, ainsi que les chercheurs qui sont venus après lui, adoptait le rapport $RO : Al^2O^3 = 1$. C'était vrai pour presque toutes les analyses, à l'exception de quelques-unes se rapportant à l'haydénite et

(1) *Ueber Chabasit und Gmelinit* (*Pogg. ann.*, t. XLIX, p. 211).

de quelques autres de Suckow [1]. Cependant, dans ces dernières années, deux minéraux tout à fait inaltérés de la série chabasitique ont montré des différences importantes. L'offrétite du mont Simiouse [2], qui a beaucoup d'analogie avec l'herschélite, donne, d'après l'analyse de M. Gonnard, $RO : Al^2O^3 = 1,45$. Récemment C. Rimatori [3] a trouvé, pour la chabasie du tuf friable de Montresta, $RO : Al^2O^3 = 1,53$. Ces chabasies anomales sont à joindre à la phacolithe de la leucitite de Rome.

» Donc, toutes les hypothèses proposées jusqu'à présent pour établir la composition de la chabasie sont insuffisantes, puisqu'elles ne considèrent pas le cas $RO : Al^2O^3$ différent de 1. »

Quelles conclusions peut-on tirer de ce qui précède? Elles sont assurément difficiles à formuler, puisque tant de bons esprits n'ont pu se mettre d'accord; que tandis que les uns réunissent l'hydrolite à l'herschélite; que les autres en font des espèces distinctes, ou réunissent l'herschélite, la lédérérite et la gmélinite, faisant de l'hydrolite une variété de cette dernière; que d'autres groupent sous le vocable « chabasie » l'acadialite, l'haydénite, la phacolite et la seebachite d'une part, alors qu'ils constituent en espèces particulières la lévyne et l'herschélite; que d'autres regardent l'herschélite comme une chabasie prismatique, à laquelle ils rattachent l'offrétite; que d'autres enfin, de toutes ces zéolithes, considèrent les unes comme des chabasies normales, telles, par exemple, que celles d'Aussig, de Nidda, de Puflerloch, de Salesel, etc., et les autres comme des chabasies anomales.

---

(1) *Verwitterung in Mineral Reich.*, 1848.

(2) *Comptes rendus*, 1890, p. 1002.

(3) *Sulle Cabasiti di Sardegna e della granulite di Striegau, nella Slesia. Rend. R. Accad. Lincei*, 1900, p. 146.

Peut-être ce désaccord provient-il de ce que l'on ne regarde pas les minéraux comme des êtres ayant une vie propre, et que, selon les tendances particulières à chacun, l'on ne voit en eux que des composés chimiques ou des milieux cristallins. Et alors il s'en déduit, suivant les cas, des conséquences inverses l'une de l'autre. Ou bien, l'on démembre des espèces malgré l'indéniable caractère d'unité qui en réunit les individus, quelles que soient les variations de leur composition chimique ou de leurs propriétés optiques (telles sont, par exemple, les espèces tourmaline, grenat, mica, etc.); ou bien, comme il en va pour les zéolithes, dont il est ci-dessus question, l'on s'efforce de réunir sous une même dénomination des minéraux, dont les facies sont macroscopiquement tellement différents, qu'un *naturaliste* ne songerait pas à en opérer le groupement.

Les restrictions du premier cas, les généralisations forcées du second ne peuvent emporter la conviction, mais ne produisent que confusion et incertitude.

Ce qu'on peut dire, c'est qu'il y a un type *visiblement* rhomboédrique de chabasie, qui comprendra la phacolite, l'haydénite, l'acadiolite, la seebachite, au besoin la lévyne; mais, y joindre l'herschélite ou les herschélites, l'hydrolite et l'offrétite, ne semble justifié en aucune façon.

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE MINÉRALOGIE.

ANNÉE 1906. — BULLETIN N° 6.

Compte rendu de la Séance du 14 Juin 1906.

PRÉSIDENCE DE M. DE LAPPARENT.

M. WYROUBOFF fait une Communication sur quelques sulfates doubles de soude et de cérium.

M. WALLERANT entretient la Société sur l'isomorphisme de certains composés.

M. COUYAT présente une Note sur quelques minéraux des mines de Laprugne (Allier).

Sur deux Notes de MM. V. Goldschmidt et P. Hermann (*Neues Jahrbuch,* Bd. I, 1906, p. 16 à 19 et 20 à 26);

Par M. Ferdinand Gonnard.

M. V. Goldschmidt vient de publier dans le *Neues Jahrbuch* une Note sur la perte au feu comme caractère minéralogique (*Glühverlust als mineralogisches Kennzeichen*).

Le savant professeur d'Heidelberg part du principe suivant : « Une question essentielle de la Minéralogie est la détermination des minéraux et particulièrement leur détermination à l'aide de caractères simples. La méthode appliquée est surtout précieuse, si elle procède avec des moyens très simples, demande peu de matière et peu de temps, et est néanmoins très sûre. » Ce début est d'un vrai naturaliste et indique, il me semble, un disciple de Werner.

« Pour un minéralogiste, continue-t-il, les plus importants moyens d'investigation sont un coup d'œil exercé, une loupe et un couteau de poche; il doit avoir constamment ces deux derniers objets sur soi. Avec cela, il détermine la couleur, l'éclat, la dureté, le clivage, la cassure, quelques particularités de cristallisation et d'agrégation, l'état de conservation du minéral, son gisement, sa genèse. L'impression de pesanteur à la main lui donne une indication du poids spécifique. C'est merveilleux ce qu'un coup d'œil apprend à un minéralogiste sagace. Le plus souvent, à simple vue, la détermination qu'il fait est complète, et les autres caractères n'interviennent que comme confirmation de celle-ci, et par surcroît. En tous cas, ces caractères permettent souvent de formuler une appréciation exacte. Enfin, il termine par les mesures cristallographiques, l'étude optique et l'analyse chimique. »

M. Goldschmidt aurait pu ajouter aux caractères ci-dessus

celui, souvent aussi très utile, des associations; il avait été signalé par Fournet.

Un moyen pratiquement très simple d'ajouter encore aux caractères extérieurs est l'emploi du chalumeau, aidé de quelques réactifs, le traitement par les acides; etc. Nous savons que notre défunt collègue, le comte de Limur, y avait acquis une singulière habileté.

M. Goldschmidt propose, après cela, comme pouvant être regardé comme un caractère minéralogique, la perte de poids qu'un minéral éprouve au feu; cette perte est souvent identique, sinon toujours, à sa teneur en eau. D'autres éléments peuvent, il est vrai, disparaître également par une certaine élévation de température; tel le mercure de l'amalgame, par exemple; certains minéraux se volatilisent même entièrement, comme le salmiac, le réalgar, etc. Ce savant donne, au sujet du traitement des échantillons à étudier, des indications de détail, et rappelle dans sa Note la méthode simple et excellente que Jos. W. Richards (*Journ. Amer. chem. Soc.*, t. XXIII, 1901, p. 213) a proposée pour la détermination quantitative directe de l'eau dans les minéraux, ainsi que celle d'autres produits volatils (sublimats).

M. Goldschmidt recommande la constitution de groupes minéralogiques ordonnés au point de vue de la perte au feu sous forme de Tables, très utiles à consulter.

Pour montrer l'application que l'on peut faire de la perte au feu à la détermination des minéraux, MM. V. Goldschmidt et P. Hermann ont choisi le groupe des zéolithes et ont publié une seconde Note à ce sujet (*Glühverlust der Zeolithe als deren mineralogisches Kennzeichen*). Ces minéraux donnent toute leur eau par un chauffage sur la lampe à alcool; c'est donc pour eux un caractère certain et excellent. M. Hermann a fait des essais sur les 18 zéolithes suivantes : analcime, apophyllite, brewstérite, chabasie, desmine, édingtonite, épistilbite, fauja-

site, gismondine, gmélinite, harmotome, heulandite, laumontite, mésolithe, natrolithe, phillipsite, scolésite, thomsonite.

Les résultats obtenus par M. Hermann pour le pourcentage de l'eau sont presque identiques à la moyenne de ceux des analyses reproduites par M. le professeur Hintze dans son manuel, excellents par conséquent.

Pour trois autres minéraux, que quelques auteurs rapprochent des zéolithes, savoir : la datolithe, la pectolithe et la prehnite, lesquels ne perdent que difficilement toute leur eau, les résultats ne sont qu'assez peu satisfaisants.

Observations sur le quartz du Dauphiné;

Par M. Ferdinand Gonnard.

I. — Groupement de quartz de la Gardette (Isère).

Un groupement de deux cristaux de quartz de la Gardette, tous deux limpides, assemblés à peu près parallèlement, et orientés de même, m'a présenté à la surface d'assemblage, vue au travers de l'un d'eux, des alignements nombreux de cristaux négatifs, parallèles entre eux, et faisant avec les arêtes verticales du cristal sous-jacent des angles d'environ 55°.

De ces cristaux négatifs, les uns, en petit nombre, sont isolés; les autres s'empilent suivant la direction précitée.

Les premiers sont très nettement visibles à la loupe, et même à l'œil nu; car plusieurs atteignent de $\frac{1}{2}$ à $\frac{3}{4}$ de millimètre de plus grande dimension. Il semble que leur axe principal soit perpendiculaire à la face d'assemblage des deux prismes; mais ce n'est probablement qu'une illusion; car ils rappellent immédiatement la forme théorique des cavités

d'un quartz de Madagascar, qu'a figurée M. A. Lacroix dans sa *Minéralogie de la France* (1901, t. III, p. 89), sauf peut-être les faces e^2 que je n'ai pas reconnues. Les faces de ces cavités semblent planes, et leur ensemble offre un pointement sextuple, et chaque facette triangulaire qui le produit, l (81$\bar{9}$7) et ξ de vom Rath, apparaît très brillante, avec un éclat adamantin très marqué, quand on incline convenablement le groupement.

II. — Macle de la Gardette du quartz.

A propos de la macle de la Gardette, qui, aujourd'hui, n'est pas connue seulement à ce gisement et à Munzig, comme à l'époque où Des Cloizeaux publiait son classique Mémoire sur le quartz, mais a été retrouvée à Madagascar (Penfield et Sperry), aux mines de fer d'Allevard par notre collègue M. P. Gaubert, au Japon, à Quenast par le docteur Vanhove, Des Cloizeaux faisait remarquer (p. 134 et 135) que, si la face théorique d'assemblage de la macle du Dauphiné peut être regardée comme parallèle à la modification ξ, rien ne prouve que, dans la nature, l'assemblage se fasse de cette manière. D'autre part, ce savant semblait regarder comme une caractéristique de cette espèce de macle l'égalité d'épaisseur des deux cristaux qui la constituent et dont les faces font un angle de 84° 33′.

Or, dans un lot de cristaux de la Gardette, que j'ai acquis jadis d'Albertazzo, le guide bien connu de l'Oisans, j'ai trouvé une macle ainsi constituée : l'un des composants est un cristal limpide de 4^{cm} de long, qui, à sa partie inférieure, porte sur une face e^2 un petit cristal, très aplati, une lame mince d'à peine 1^{mm} d'épaisseur, mais de 7^{mm} de largeur. Il pénètre au plus de $\frac{1}{3}$ de millimètre dans une face e^2 du grand cristal, très limpide elle aussi, et dont les arêtes font avec celles du grand cristal l'angle de 84°33′. Il n'y

a pas communauté d'épaisseur entre eux, le grand cristal en présentant une de $8^{mm},5$; mais le petit cristal, dont la brisure se limite à une arête verticale du grand, avait, au delà, à en juger par les pénétrations légères dont il a laissé les traces sur trois autres faces e^2 de celui-ci, la même épaisseur. Or, de ces trois faces, l'une est unie et même miroitante, une seconde un peu moins, et la troisième seulement montre des empreintes striées. Il semblerait donc que le grand cristal était déjà presque complètement formé, alors que de nouvelles molécules siliceuses amenées par le courant liquide se sont heurtées à l'édifice cristallin à peu près achevé, et se sont bornées à l'entourer pour constituer le petit cristal et, en fin de compte, la macle. Pour employer une expression de M. G. Friedel ([1]), les deux cristaux ont été étrangers l'un à l'autre, sauf une soudure de surface, qui ne paraît avoir rien de commun avec la face ξ.

Il semblerait donc que l'assemblage suivant ξ des deux composants de la macle de la Gardette n'est qu'un pur concept. D'après Des Cloizeaux, il peut se faire par une foule de petits sommets qui s'enchevêtrent les uns dans les autres. L'observation de notre collègue, M. G. Friedel, conclut à un assemblage par une surface d'apparence plane ou à peu près. Enfin, il peut aussi avoir lieu simplement par juxtaposition et entourage d'un des cristaux par l'autre ; c'est du moins ce qu'il m'a semblé, et c'est pourquoi j'ai cru intéressant de signaler le fait à notre Société.

J'ai également rencontré un autre groupement, toujours sous l'angle de 84° 33′, de deux cristaux de quartz du Dauphiné, et dont la provenance est indiquée par de belles lames d'une brookite brun rouge, au nombre de trois, pénétrant le plus

---

([1]) *Remarques sur une macle de quartz* (*Bull. de la Soc. franç. de Minér.*, 1902, p. 110).

grand des deux cristaux, par de nombreux cristaux de crichtonite noyés çà et là dans celui-ci, par une accumulation de petites macles d'albite, avec, au milieu d'elles, un cristal d'anatase en partie brisé : association qui est spéciale aux environs de Saint-Christophe.

Le petit cristal de quartz est bipyramidé; ses faces e^2 ne sont qu'à peu près parallèles à celles du grand, et son épaisseur est moindre de moitié. Il m'a paru que c'est encore là un fait venant corroborer le précédent, et dont il convient de tenir compte. Ces faits se généraliseront peut-être au fur et à mesure que se produiront des observations plus serrées et plus nombreuses.

J'ajoute seulement que le petit cristal offre, avec une admirable netteté, un double capuchonnage intérieur.

Sur quelques minéraux des mines de Laprugne (Allier);

Par M. Couyat.

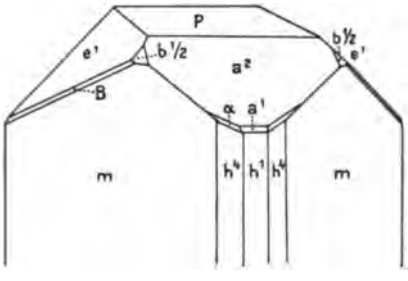
Dans une Note parue en 1873 [1], Deshayes a étudié le gisement de cuivre que l'on exploitait alors au Charrier, près Laprugne (Allier). Ce gisement consiste en amas d'érubescite, mélangée de chalcopyrite, situés au milieu de schistes chloriteux [illegible], imprégnés eux-mêmes des mêmes minéraux. Dans les schistes se trouvent également des traînées de magnétite grenue qui au microscope montrent [illegible] en abondance.

---

[1] Bull. Soc. Géol. Fr. [illegible]

Les amas sont traversés par de nombreux filons minces de galène et de barytine que j'ai particulièrement étudiés au cours d'une visite faite à la mine. J'y ai trouvé surtout des cristaux de barytine, de calcite et de fluorine.

Les cristaux de barytine sont de grosseur variable, incolores et transparents. Il tapissent les cavités de la barytine blanche, laiteuse, que l'on voit en filons. Il sont de même formation et généralement accompagnés de calcite. On y distingue des formes tabulaires avec $p\ m\ a^2\ e^1$, des formes allongées suivant $p\,g^1$ avec les mêmes faces que précédemment, mais les cristaux non déformés sont incontestablement les plus communs. Ils présentent les faces $p\ m\ a^2\ e^1\ h^1\ h^4$; certains d'entre eux ont en plus les facettes a^1 et $b^{\frac{1}{2}}$ accompagnées de celles plus réduites α et β d'une macropyramide et d'une



brachypyramide dont il m'a été impossible de déterminer les notations à cause de la réduction et de la ternissure des facettes par lesquelles elles sont représentées. Les facettes α sont comprises entre l'angle $m\ h^4$ et la face a^2; β appartient à la zone $e^1 m$; elle est située sur l'arête $e^1 m$ et semble faire avec e^1 un angle voisin de 180°.

Sur beaucoup des autres cristaux se peuvent rencontrer les faces g^1 et $b^{\frac{1}{2}}$ Les facettes h^1 et h^4 sont généralement ternes

et si dépolies que leurs arêtes émoussées arrondissent le dièdre *mm*.

Je n'ai vu qu'un seul cristal de chalcopyrite, représenté par une double pyramide $a^{\frac{1}{2}}$.

Les cristaux de calcite sont tous ternes. Il offrent la forme du rhomboèdre b^1 associé au rhomboèdre direct très aigu de notation $e^{\frac{11}{6}}$. Je n'ai pas retrouvé une forme rare qu'a décrite M. A. Lacroix (1) et qui provenait de la collection de Des Cloizeaux. Elle est constituée par un scalénoèdre très aigu $d^{\frac{12}{13}}$ accompagné des petites faces *p* et a^1. Cette dernière forme atteignant 3cm de haut provenait d'ailleurs des amas exploités en 1873. Quant à la fluorine, elle est en cubes parfois énormes et de couleur bleue, violette ou jaune.

(1) Voir *Minéralogie de la France*, t. III, Calcite.

Le Secrétaire gérant :
MAURICE BLONDEL.

37868. — Paris, Imp. Gauthier-Villars, 55, quai des Grands-Augustins.

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE MINÉRALOGIE.

ANNÉE 1906. — BULLETIN N° 7.

Compte rendu de la Séance du 8 Novembre 1906.

PRÉSIDENCE DE M. WYROUBOFF.

M. F. WALLERANT expose le résultat de ses recherches sur l'*oléate d'ammoniaque;* une parcelle de la substance, comprimée entre un porte-objet et un couvre-objet, donne une couche trouble et à polarisation d'agrégat. Mais, si l'on détermine une trépidation par des chocs répétés au moyen d'une aiguille, la substance s'oriente sous l'influence des lames de verre. Certaines plages deviennent absolument limpides et sont complètement éteintes en lumière polarisée; examinées en lumière convergente, elles donnent la croix et les anneaux colorés des uniaxes; l'introduction d'un mica quart d'onde montre que le cristal est positif. Mais le fait important consiste en ce que, si l'on détermine l'écoulement de la plage examinée, il ne se produit aucune modification dans les phénomènes d'interférence pendant l'écoulement. Il en résulte que les propriétés optiques ne sont nullement liées à la répartition réticulaire, mais sont dues à la particule cristalline dont l'individualité se trouve ainsi établie.

Les cristaux uniaxes, chauffés au-dessus de 40°, se trans-

forment en cristaux biaxes négatifs très biréfringents, qui, par refroidissement, grâce à la surfusion, donnent naissance à des cristaux biaxes positifs.

M. Wallerant montre, en outre, des photographies d'enroulements hélicoïdaux dans la *malonamide*. Cette substance possède deux modifications : l'une stable, uniaxe, très biréfringente; l'autre instable, biaxe, faiblement biréfringente; si l'on ajoute à la substance fondue de l'acide santonique, il se produit par cristallisation des sphérolithes dont les fibres présentent des enroulements de la plus grande régularité, autour de l'axe moyen pour la modification biaxe, autour d'une perpendiculaire à l'axe pour la modification stable.

Mme Boubée met sous les yeux de la Société des échantillons de naëgite du Japon et des cristaux de picro-ilménite, geïkélite et thorianite provenant de l'île de Cèylan.

M. Wyrouboff présente quelques remarques sur un Mémoire de M. Barker et conteste les conclusions de l'auteur.

M. F. Gonnard adresse une Note : « Nouvelle contribution à l'étude cristallographique du quartz des géodes oxfordiennes de Meylan (Isère). »

M. de Schulten retrace l'histoire curieuse de la découverte de la tychite par MM. Penfield et Jamieson. Ce minéral, qui par sa composition ($2MgCO^3$, $2Na^2CO^3$, Na^2SO^4) et sa forme cristalline (octaèdres réguliers) se rapproche de la northupite ($2MgCO^3$, $2Na^2CO^3$, $2NaCl$), s'obtient artificiellement, ainsi que l'ont montré MM. Penfield et Jamieson, en suivant, en général, la méthode de reproduction de la northupite, due à M. de Schulten. M. de Schulten montre à la Société de beaux octaèdres de tychite qu'il a obtenus en répétant l'expérience de MM. Penfield et Jamieson.

Nouvelle contribution à l'étude cristallographique du quartz des géodes des marnes oxfordiennes de Meylan (Isère);

Par M. Ferdinand Gonnard.

Un nouvel et récent envoi de cristaux de quartz de Meylan, que je dois à l'amitié de mon camarade, M. Léon de Mortillet, m'a amené à reprendre l'étude des cristaux de cet intéressant gisement. J'ai cherché ainsi à compléter les résultats de mon premier travail sur ce sujet (1) et à corriger quelques erreurs qui m'avaient échappé.

Dans le présent travail je suivrai le même ordre que dans celui qui l'a précédé, et je décrirai chaque cristal étudié, ne donnant que les figures des plus intéressants d'entre eux. Les quelques répétitions qui sont la conséquence de cette méthode ne m'ont pas paru inutiles, car elles ont l'avantage de faire ressortir l'influence qu'ont sur les mesures cristallographiques, dont quelques-unes se reproduisent, l'étendue des surfaces, les stries dont elles sont parfois sillonnées, leur courbure, leur irrégularité, etc.

Parmi les cristaux examinés, les plus petits sont d'ordinaire les plus parfaits, mais aussi les moins riches en formes; les plus grands, dont les dimensions ne sont d'ailleurs jamais bien considérables, 3^{cm} à 4^{cm} à peine, sont non seulement riches en formes nouvelles ou déjà connues dans d'autres gisements, mais encore présentent de nombreux accidents de structure, vides intérieurs parfois remplis de liquide où se meut soit une bulle gazeuse, soit un corps léger, hiatus dus à des pénétrations de la gangue dans la matière siliceuse ou à des groupements, empilements, etc.

---

(1) *Comptes rendus*, 13 juin 1898, et *Bulletin de la Soc. franç. de Minéralogie*, t. XXII, 1899, p. 94.

Ces descriptions terminées, je donnerai le tableau des incidences principales.

Cristal *a* (*fig.* 1 et 2).

Dans ce cristal, la position relative des rhomboèdres p et $e^{\frac{1}{2}}$ est déterminée par la face rhombe très striée qui se trouve à la partie inférieure droite du cristal (*fig.* 1), et qui est voisine d'un groupe de facettes dont, sur cette figure, vu leur petitesse, je représente l'ensemble par la lettre y, alors que sur la figure 2, agrandie, je les représente isolément et leur attribue leurs notations réelles; ce groupe de facettes en comprend trois, qui sont en zone avec p et $e^{\frac{1}{2}}$, et deux autres qui appartiennent aux plagièdres de la zone $e^{\frac{1}{2}}se^{2}$, supérieurs à la face rhombe s.

Examinons les trois premières.

Fig. 1.

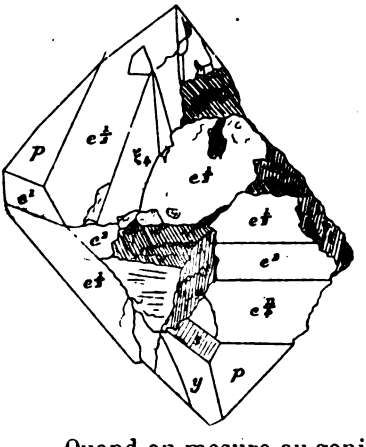
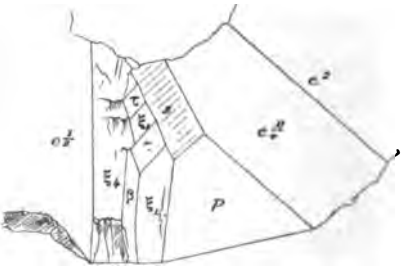


Fig. 2



Quand on mesure au goniomètre de réflexion les incidences de ces faces, en allant de p vers $e^{\frac{1}{2}}$, les images qu'on obtient ne se présentent pas dans l'ordre de numérotage des faces à

partir de p ; mais elles correspondent successivement aux nos 1, 3 et 2, ce qui indique un angle rentrant entre ces deux dernières. Les valeurs observées sont les suivantes :

p sur 1 = 153°.53′,	moyenne de mesures	variant de	153°.52′ à 55′
p sur 3 = 146.41,	»	»	146.34 à 49
p sur 2 = 143.47,	»	»	143.40 à 54

Il résulte de ces mesures que la première face vient s'intercaler, dans le Tableau que j'ai donné à la fin de mon premier Mémoire sur le quartz de Meylan, entre les faces H_6 $(21.8.\bar{4})$ et γ_0 $(42\bar{1})$. Calculées à l'aide de la formule des faces tautozonales, ses caractéristiques sont voisines de celles de ξ_1 de M. Termier, un peu différentes cependant ; car, en partant des valeurs calculées $p\gamma = 164°58'$ (Des Cloizeaux), $pH_5 = 160°22'$ (Gonnard) et de la valeur p sur 1 = 153°53′, on obtient, pour les caractéristiques de la face 1, les nombres $(17,36.8.\bar{4})$, celles de ξ_1 étant $(17.8.\bar{4})$. En raison de cette différence, j'avais d'abord adopté les caractéristiques $(22.10.\bar{5})$, comme donnant un meilleur accord de l'observation avec le calcul ; l'angle de p et de $(22.10.\bar{5})$ est, en effet, de 154°9′, et la mesure directe ne diffère que de 0°16′ de ce dernier nombre. Toutefois, l'écart, en se servant de $(17.8.\bar{4})$, n'est que de 0°30′, trop faible pour justifier une face nouvelle, eu égard à la petitesse du groupe, et malgré la concordance des mesures. Il est donc probable que cette première face observée n'est autre que ξ_1 de M. Termier. J'ai d'ailleurs déjà rencontré cette face sur le quartz de Meylan [1].

---

[1] Je rappellerai que, dans le Tableau que j'ai donné (t. XXII, 1899, p. 130), c'est, non pas la face γ_0, mais bien son inverse, c'est-à-dire, non pas $(42\bar{1})$, mais $(33.10.\bar{5})$, que j'avais, par erreur, insérée entre H_4 $(42.10.\bar{5})$ et H_5 $(62\bar{1})$. Quant à γ_0, elle doit être intercalée entre ξ_1 de M. Termier et ξ_2 de moi, ainsi que je l'ai fait observer dans une Note au *Bulletin*

Quant aux deux autres faces du groupe, j'ai déjà eu occasion de les signaler; la face 3 est ξ_1 $(16.10.\bar{5})$, et la face 2 est β $(20.14.\bar{7})$ de Des Cloizeaux.

Les deux facettes, appartenant aux plagièdres de la zone $e^{\frac{1}{2}}se^{2}$ supérieurs à la face rhombe s, n'en font, en réalité, qu'une, coupée en deux parties par l'interposition d'une facette ξ_1 (*fig.* 2). Elles appartiennent au groupe de celles que Des Cloizeaux a désignées par la lettre grecque τ, affectée de divers indices. C'est au premier terme de cette série que l'on a affaire ici, je veux dire à $\tau(58\bar{4})$ ou $(\bar{3}.12.\bar{9}.9)$. J'ai, en effet, obtenu pour l'angle $s\tau$ le nombre 163°9′, la valeur calculée étant de 163°25′.

Outre ces cinq faces, la partie supérieure du cristal (*fig.* 1) en offre une autre ayant $2^{mm},5$ de largeur, brillante; elle fait avec $e^{\frac{1}{2}}$ de droite un angle de 167°22′. C'est la face ξ_4, dont l'incidence sur $e^{\frac{1}{2}}$ calculée est de 167°14′; je l'ai déjà signalée sur le cristal G de mon premier Mémoire.

Plusieurs autres faces de ce cristal, très arrondies ou irrégulières, ne m'ont pas donné de mesures assez précises pour permettre de les noter. Je dois cependant faire mention, pour terminer la description de ce cristal, d'une large face (elle a plus de 4^{mm}) qui appartient au rhomboèdre direct $e^{\frac{11}{6}}$ (*fig.* 1 et 2). Ce rhomboèdre, ainsi que son inverse $e^{\frac{3}{2}}$, paraissent fréquents sur les cristaux de Meylan.

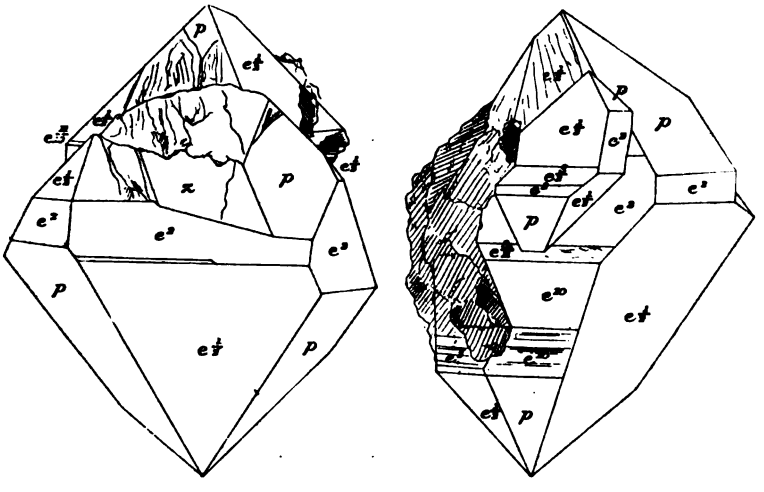
Cristal *b* (*fig.* 1 et 2).

Les figures 1 et 2 ci-contre représentent sous ses deux principaux aspects un groupement de trois cristaux à axes

(1902, p. 61). J'ajouterai que γ_1 n'appartient pas à la même zone que la face Γ_1 de M. Termier, ainsi que je l'avais indiqué à tort.

parallèles. Les deux plus gros, dont les sommets sont libres à la partie supérieure, se réunissent en un seul à la partie inférieure. Quant au plus petit, il est posé sur le plus long des deux gros et le pénètre partiellement, ce qu'indique la figure 2. Suivant l'axe ternaire, le groupement a une hauteur de 26^{mm} et, perpendiculairement à cet axe, une plus grande dimension à peu près égale.

Fig. 1. Fig. 2.



Le plus long des deux gros cristaux présente (*fig.* 2) deux faces appartenant, l'une au rhomboèdre direct e^{10}, non encore signalé à Meylan, l'autre au rhomboèdre, également direct, $e^{\frac{31}{11}}$, qui, au contraire, y est assez fréquent ; et, de plus, une face (*fig.* 1) d'un rhomboèdre inverse, $e^{\frac{11}{10}}$, déjà rencontré.

Le second de ces deux cristaux, dont le sommet supérieur paraît brisé (*fig.* 2), est remarquable à cause d'une face large de 6^{mm} qui sépare deux faces p, ou, plus exactement, les deux parties d'une même face p, dont celle de droite est en recul

par rapport à celle de gauche : c'est ce qu'indiquent, sur la figure 1, les irrégularités de l'arête mixtiligne $e^{\frac{1}{2}}e^{2}$, intersection de la face e^{2} avec les deux faces supérieures p et avec la face légèrement ondulée qui les sépare. Cette dernière fournit de très bons pointés, et l'incidence sur p observée est presque exactement celle qui résulte du calcul. Elle est nouvelle, et je la désignerai par la lettre Z; sa notation est $(29.8.\overline{4})$ en Miller ou $(21.12.\overline{33}.33)$ en Bravais.

Le petit cristal (*fig.* 2) n'offre que le rhomboèdre inverse $e^{\frac{3}{2}}$, déjà souvent signalé par moi.

Il convient de remarquer que la fixation de la position relative de p et de $e^{\frac{1}{2}}$ peut paraître arbitraire dans ce groupement; elle présente, en effet, quelque incertitude, car l'unique face rhombe qu'offre l'un des composants est très unie; même à la loupe on ne peut y reconnaître la moindre strie. L'étendue relative de p et de $e^{\frac{1}{2}}$ ne fournit pas davantage d'indication précise; c'est là d'ailleurs un caractère douteux. Mais les incidences que j'ai obtenues, dans l'hypothèse où je me suis placé, m'ont indiqué les faces fréquemment observées, sur le quartz de Meylan, des rhomboèdres $e^{\frac{31}{11}}$ et $e^{\frac{3}{2}}$. Comme l'accord entre le calcul et l'observation est, ainsi que le montre le Tableau ci-après, assez satisfaisant, mon hypothèse paraîtra peut-être suffisamment justifiée :

Incidences.	Calculées.	Observées.
	° ′	° ′
pZ	163.31	163.30
pe^{10}	171.35	171.28
$pe^{\frac{31}{11}}$	151.23	151.3
$e^{\frac{1}{2}}e^{2}$	141.47	141.44
$e^{\frac{1}{2}}e^{\frac{3}{2}}$	150.44	150.48
$e^{\frac{1}{2}}e^{\frac{11}{19}}$	160.26	160.31

La face Z s'intercale entre γ et H_5, elle a été calculée en partant des angles $pH_1 = 171° 15'$ et $pH_2 = 168° 56'$ de Des Cloizeaux et de l'angle pZ observé.

Cristal *c* (*fig.* 1 et 2).

Ce cristal, qui n'a que 6^{mm} de hauteur, et dont la pointe inférieure a été brisée, offre cette particularité que deux faces rhombes *s* et *s'*, situées, l'une à droite, l'autre à gauche d'une même arête du prisme, se coupent suivant une droite perpendiculaire à cette arête (*fig.* 1). Cette disposition est fort rare. Je l'avais cependant remarquée déjà sur un cristal de quartz du Brésil, que m'avait communiqué M. A. Lacroix [1]. Ces faces rhombes sont très striées; elles déterminent la position respective de *p* et de $e^{\frac{1}{2}}$. A peu près vers le milieu de la hauteur du cristal la gangue marneuse, qui l'attachait aux parois de la géode, masque en partie la face inférieure de l'isoscéloèdre; puis le cristal reprend au-dessous sa forme ordinaire, celle du prisme e^2.

Fig. 1.

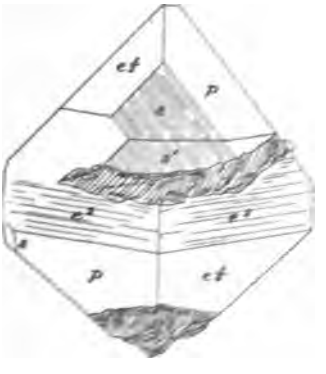
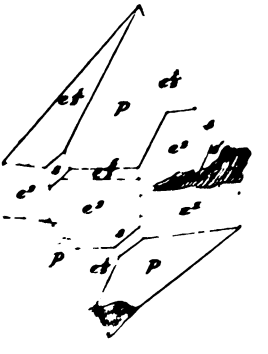


Fig. 2.



Il présente [illegible] face [illegible] $e^{\frac{1}{2}}$,

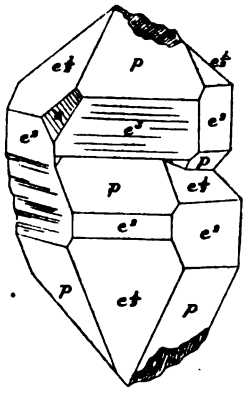
(1) *Bull. Soc. Min.* [illegible]

nouveau pour Meylan. Des Cloizeaux tenait cette forme pour très douteuse; mais la face que j'ai mesurée est très nette et m'a fourni un excellent pointé. Le rhomboèdre $e^{\frac{17}{7}}$, très voisin de $e^{\frac{5}{2}}$, ce qui faisait hésiter entre eux ce savant, ne saurait être choisi dans le cas actuel; car, si la moyenne des mesures obtenues par Des Cloizeaux pour l'angle $pe^{\frac{17}{7}}$ est de 147°39′, les incidences ayant, d'après ce savant, varié de 147° à 148°5′, en revanche, pour le petit cristal en question, les limites n'ont été que de 148°15′ à 148°28′. J'estime donc que le rhomboèdre $e^{\frac{5}{2}}$ doit être préféré comme accordant mieux les résultats du calcul et l'observation, ainsi que l'indique le petit Tableau ci-dessous, et aussi comme plus simple.

Incidences.	Calculées.	Observées.	
ss' sur $d^1 d^1$..	131°.6′	130°.43′	deux mesures concordantes.
$pe^{\frac{5}{2}}$.....	148.12	148.23	

Cristal *d* (*fig.* 1).

L'empilement, suivant l'axe ternaire, de deux cristaux figuré



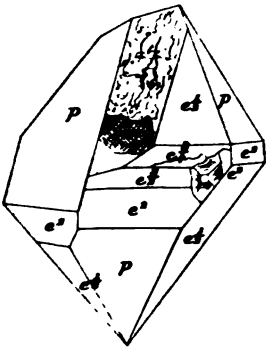
ci-contre n'a d'autre intérêt que celui d'offrir sur le compo-

sant supérieur du groupe une face du rhomboèdre e^3, déjà signalé deux fois (cristaux *C* et *P*) dans mon premier Mémoire. Le groupe a 18^{mm} de hauteur.

Incidence calculée : $pe^3 = 152°55'$; observée : 153°3'.

Cristal *f* (*fig.* 1).

Sur ce cristal, qui a 14^{mm} de plus grande dimension, on remarque une face striée appartenant au rhomboèdre inverse $e^{\frac{3}{4}}$, regardé comme très douteux par Des Cloizeaux. Ce qui me fait l'accepter ici, la face rhombe faisant défaut, c'est la présence d'une autre face qui appartient au rhomboèdre inverse $e^{\frac{3}{2}}$, fréquent à Meylan. J'ai d'ailleurs déjà signalé $e^{\frac{3}{2}}$ sur le cristal *J* de mon premier Mémoire. Une autre face ajoute à l'intérêt de ce petit cristal; c'est celle qui tronque l'arête supérieure $pe^{\frac{1}{2}}$; elle a une largeur de 3^{mm}, mais elle est très rugueuse au-dessus d'une partie de gangue noirâtre, qui y est restée adhérente, et ce n'est qu'au-dessous que, bien que striée parallèlement à $pe^{\frac{1}{2}}$, elle donne des images très



pâles. C'est la face que j'ai déjà observée sur le cristal *V* de mon premier Mémoire, et que j'ai désignée par γ_1.

Incidences.	Calculées.	Observées.
$e^{\frac{1}{2}} e^{\frac{3}{4}}$	171°.8	171°.12′
$e^{\frac{1}{2}} e^{\frac{3}{2}}$	150.44	150.33
$e^{\frac{1}{2}} \gamma_4$	173.50	173.40

Cristal *h* (*fig.* 1 et 2).

Suivant l'axe principal, ce cristal, dont la pointe inférieure a été cassée, a 7^{mm} de longueur ; il présente la réunion de deux rhomboèdres $e^{\frac{11}{4}}$ et $e^{\frac{3}{2}}$, le direct et son inverse. Ces formes, la première surtout, sont fréquentes à Meylan ; mais elles n'apparaissent d'ordinaire qu'une fois sur un cristal, deux au plus, comme dans le cas actuel. Cette remarque peut être d'ailleurs généralisée pour toutes ces formes rares, si nombreuses, nouvelles ou déjà connues, qu'offre ce curieux gisement de Meylan. Entre $e^{\frac{11}{4}}$ et e^2 (*fig.* 1) existe une autre face que je n'ai pu noter à cause de son étroitesse. Peut-être est-ce une face appartenant au rhomboèdre $e^{\frac{5}{2}}$?

Fig. 1.

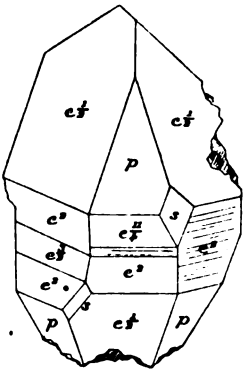
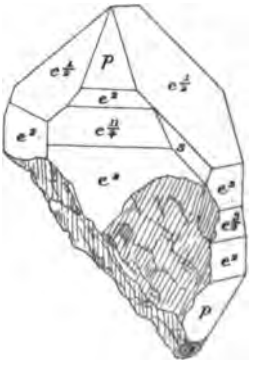


Fig. 2.

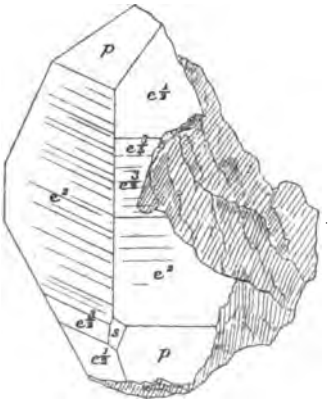


Incidences.	Calculées.	Observées.
$pe^{\frac{11}{4}}$	150°.44′	150°.47′ à 51′
$e^{\frac{1}{2}} e^{\frac{3}{2}}$	150.44	150.41

Cristal *i* (*fig.* 1).

Le cristal, ou plutôt le fragment de cristal ci-contre, n'offre rien qui permette de déterminer avec certitude la position respective des deux rhomboèdres principaux; son unique face rhombe *s* est très unie, et il n'existe pas de différence appréciable d'étendue entre *p* et $e^{\frac{1}{2}}$. J'ai cependant été amené à adopter les notations que porte ce cristal, après avoir mesuré les incidences de la face $e^{\frac{1}{2}}$ supérieure d'avant sur les trois facettes $e^{\frac{3}{4}}$, $e^{\frac{3}{2}}$ et e^{2}. J'ai obtenu, en effet, des nombres très voisins de ceux résultant du calcul, comme l'indique le Tableau ci-après :

Incidences.	Calculées.	Observées.
$e^{\frac{1}{2}}e^{\frac{3}{4}}$.....	171°.8′	171°.7′ à 10′
$e^{\frac{1}{2}}e^{\frac{3}{2}}$.....	150.44	150.42 à 52
$e^{\frac{1}{2}}e^{2}$.....	141.47	141.45 à 46



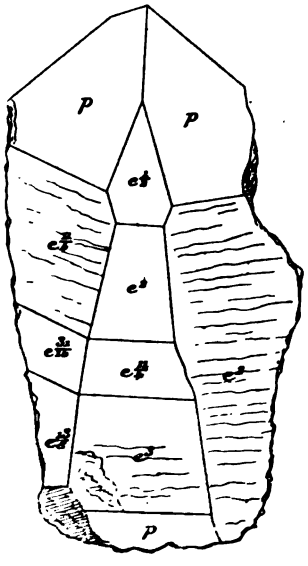
Si j'avais adopté *p* au lieu de $e^{\frac{1}{2}}$ pour la même face, l'in-

verse $e^{\frac{3}{4}}$ aurait été remplacé par le direct e^{10}, mais avec un écart d'autant plus sensible, et, par suite, moins acceptable, que les facettes sont nettes et brillantes ; en effet, pe^{10} calculé étant 171°35′, la différence est de 0°27′ ; les trois mesures que j'ai obtenues pour l'angle $e^{\frac{1}{2}} e^{\frac{3}{4}}$ sont trop concordantes pour que je puisse accepter cette seconde hypothèse. Le rhomboèdre e^{10} ne donnant pas un résultat acceptable, j'aurais été obligé de recourir à un nouveau rhomboèdre voisin de celui-ci, soit $e^{\frac{19}{2}} = (19.\bar{2}.\bar{2})$. Il ne m'a pas paru utile de le faire, étant donné surtout que les faces $e^{\frac{3}{4}}$ et $e^{\frac{3}{2}}$ ont été déjà rencontrées par moi sur le quartz de Meylan. Il résulte de ce choix que, sur la partie gauche du cristal, c'est encore la face $e^{\frac{3}{2}}$ qui coupe la face rhombe s.

Cristal k (*fig.* 1).

La figure ci-contre représente agrandi le curieux petit cristal, dont la partie inférieure a été cassée, quand je l'ai détaché de la gangue, Les trois faces notées p sont d'étendue sensiblement égale et notablement plus grande que celle des trois faces notées $e^{\frac{1}{2}}$, qui les séparent. Le sommet du cristal présente donc l'aspect du rhomboèdre primitif du quartz. C'est ce qui m'a déterminé, en l'absence de toute autre indication, à adopter les notations ci-dessus. Ceci admis, la partie d'avant du cristal présente deux faces nettes et miroitantes des rhomboèdres directs $e^{\frac{11}{4}}$ et e^{3}, déjà plusieurs fois signalés par moi. La partie de gauche, plus intéressante, offre encore $e^{\frac{11}{4}}$, et, de plus, deux autres faces appartenant aux rhomboèdres, nouveaux pour Meylan, savoir $e^{\frac{31}{13}}$ et $e^{\frac{13}{8}}$. Ces der-

nières faces, également brillantes et unies, m'ont donné les excellents pointés ci-après :

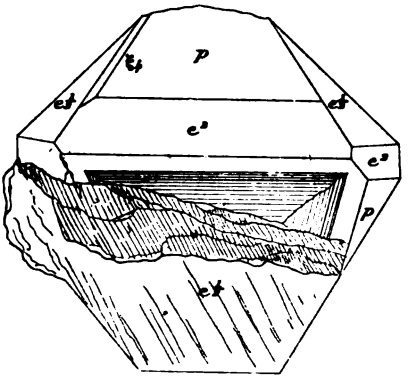


Incidences.	Calculées.	Observées.
$pe^{\frac{31}{15}}$	142°.46′	142°.48′
$e^{\frac{1}{2}}e^{\frac{13}{8}}$	148.12	148.6

Cristal *l* (*fig.* 1).

On n'observe sur ce cristal rien qui permette de fixer les positions de *p* et de $e^{\frac{1}{2}}$, ni faces rhombiques, ni stries caractéristiques des inverses, ni inégale étendue des faces de ces deux principaux rhomboedres. La face d'avant de la partie inférieure, notée $e^{\frac{1}{2}}$, et qui est, pour près de moitié, couverte de la gangue qui supportait le cristal, offre une série de lamelles triangulaires superposées; ce cristal est aplati suivant cette face.

A la partie supérieure gauche du cristal une arête culminante est tronquée. Si, comme l'indique la figure ci-contre,



on admet que la face supérieure d'avant est p, on trouve que l'angle de p avec la facette résultant de cette troncature est de 146°23′, très voisin de celui de p avec ξ_4, déjà observé par moi sur le quartz de Meylan; l'angle calculé est, en effet, de 146°30′. Il est vrai que cet angle pourrait aussi bien être celui de $e^{\frac{1}{2}}$ avec l'inverse de ξ_4; mais je n'ai pas eu occasion de rencontrer cet inverse. Il semble donc que mon hypothèse peut être acceptable.

Comme conclusion de cette étude et de celle qui l'a précédée. les Tableaux, que j'ai donnés à la fin de mon premier Mémoire, devront être complétés et corrigés comme suit; et je terminerai par la récapitulation des incidences calculées et incidences observées de toutes les formes du quartz de Meylan que j'ai décrites.

	MILLER.	BRAVAIS.	NOMS des auteurs (1).	OBSERVATIONS.
		A. *Rhomboèdres directs.*		
p	(100)	$(101\bar{1})$		
e^{15}	$(15.\bar{1}.\bar{1})$	$(16.0.\overline{16}.13)$	D_x.	Douteux d'après D_x.
e^{10}	$(10.\bar{1}.\bar{1})$	$(11.0.\overline{11}.8)$	D_x.	
e^{7}	$(7\bar{1}\bar{1})$	$(80\bar{8}5)$	F. G.	
e^{6}	$(6\bar{1}\bar{1})$	$(70\bar{7}4)$	F. G.	
$e^{\frac{11}{2}}$	$(11.\bar{2}.\bar{2})$	$(13.0.\overline{13}.7)$	D_x.	Douteux d'après D_x.
e^{5}	$(5\bar{1}\bar{1})$	$(20\bar{2}1)$		
$e^{\frac{21}{5}}$	$(21.\bar{5}.\bar{5})$	$(26.0.\overline{26}.11)$	D_x.	Très douteux d'après D_x.
$e^{\frac{31}{10}}$	$(31.\overline{10}.\overline{10})$	$(41.0.\overline{41}.11)$	F. G.	
e^{3}	$(3\bar{1}\bar{1})$	$(40\bar{4}1)$		
$e^{\frac{31}{11}}$	$(31.\overline{11}.\overline{11})$	$(14.0.\overline{14}.3)$	D_x.	Douteux d'après D_x.
$e^{\frac{11}{4}}$	$(11.\bar{4}.\bar{4})$	$(50\bar{5}1)$	D_x.	
$e^{\frac{8}{3}}$	$(8\bar{3}\bar{3})$	$(11.0.\overline{11}.2)$	F. G.	
$e^{\frac{5}{2}}$	$(5\bar{2}\bar{2})$	$(70\bar{7}1)$	D_x.	
$e^{\frac{7}{3}}$	$(7\bar{3}\bar{3})$	$(10.0.\overline{10}.1)$	D_x.	
$e^{\frac{9}{4}}$	$(9\overline{44})$	$(13.0.\overline{13}.1)$	D_x.	
$e^{\frac{31}{15}}$	$(31.\overline{15}.\overline{15})$	$(23.0.\overline{23}.1)$	D_x.	

(1) D_x pour Des Cloiseaux. F. G. pour Gonnard.

	MILLER.	BRAVAIS.	NOMS des auteurs.	OBSERVATIONS.
		B. *Rhomboèdres inverses.*		
$e^{\frac{1}{2}}$	$(22\bar{1})$	$(01\bar{1}1)$		
$e^{\frac{4}{7}}$	$(77\bar{4})$	$(0.11.\overline{11}.10)$	F. G.	
$e^{\frac{31}{50}}$	$(50.50.\overline{31})$	$(0.27.\overline{27}.23)$	F. G. (1).	Peut-être $e^{\frac{3}{5}}$.
$e^{\frac{3}{4}}$	$(44\bar{3})$	$(07\bar{7}5)$	D_x. (2).	Douteux d'après D_x.
$e^{\frac{10}{13}}$	$(13.13.\overline{10})$	$(0.23.\overline{23}.16)$	D_x.	
$e^{\frac{5}{6}}$	$(66\bar{5})$	$(0.11.\overline{11}.7)$	F. G.	
$e^{\frac{9}{10}}$	$(10.10.\bar{9})$	$(0.19.\overline{19}.11)$	F. G.	
$e^{\frac{19}{20}}$	$(20.20.\overline{19})$	$(0.13.\overline{13},7)$	D_x.	Inverse de $e^{\frac{11}{2}}$; très douteux d'après D_x.
e^{1}	$(11\bar{1})$	$(02\bar{2}1)$		Inverse de e^{5}.
$e^{\frac{20}{19}}$	$(19.19.\overline{20})$	$(0.13.\overline{13}.6)$	F. G.	
$e^{\frac{11}{10}}$	$(10.10.\overline{11})$	$(07\bar{7}3)$	D_x.	
$e^{\frac{7}{5}}$	$(55\bar{7})$	$(04\bar{4}1)$	F. G.	Inverse de e^{3}.
$e^{\frac{3}{2}}$	$(22\bar{3})$	$(05\bar{5}1)$	D_x.	Inverse de $e^{\frac{11}{4}}$.
$e^{\frac{13}{8}}$	$(8.8.\overline{13})$	$(07\bar{7}1)$	D_x.	Inverse de $e^{\frac{5}{2}}$.
$e^{\frac{5}{3}}$	$(33\bar{5})$	$(08\bar{8}1)$	D_x.	
$e^{\frac{19}{11}}$	$(11.11.\overline{19})$	$(0.10.\overline{10}.1)$	D_x.	Inverse de $e^{\frac{7}{3}}$; très douteux d'après D_x.
$e^{\frac{7}{4}}$	$(44\bar{7})$	$(0.11.\overline{11}.1)$	Rose.	

(1) A été, dans mon premier Tableau, attribué par erreur à Des Cloizeaux.

(2) Ce rhomboèdre, de notation plus simple que le suivant $e^{\frac{10}{13}}$ en est très voisin, et il semblerait que, si l'un d'eux est douteux, ce devrait être celui-ci.

PLAGIÈDRES DE LA ZONE $e^{\frac{1}{2}}se^2$ OU TRAPÉZOÈDRES DE PREMIER ORDRE (D_x).

	MILLER.	BRAVAIS.	NOMS des auteurs.	OBSERVATIONS.
		A. Supérieurs à la face rhombique s.		
H_0	$(15.2.\bar{1})$	$(13.3.\overline{16}.16)$	F. G.	
H_1	$(14.2.\bar{1})$	$(41\bar{5}5)$	D_x.	C'est d_8 de Websky.
H_2	$(11.2.\bar{1})$	$(31\bar{4}4)$	D_x.	C'est d_3 de Websky.
H_4	$(42.10.\bar{5})$	$(32.15.\overline{47}.47)$	F. G.	
Z	$(29.8.\bar{4})$	$(21.12.\overline{33}.33)$	F. G.	
H_5	$(62\bar{1})$	$(43\bar{7}7)$	F. G.	
H_6	$(21.8.\bar{4})$	$(13.12.\overline{25}.25)$	F. G.	
ξ_1	$(17.8.\bar{4})$	$(34\bar{7}7)$	Termier.	Est l'inverse de H_5.
γ_0	$(42\bar{1})$	$(23\bar{5}5)$	F. G.	
ξ_2	$(19.10.\bar{5})$	$(33\bar{8}8)$	F. G.	
ξ_3	$(18.10.\bar{5})$	$(8.15.\overline{23}.23)$	F. G.	
γ_1	$(74\bar{2})$	$(12\bar{3}3)$	D_x.	C'est γ_1 de Websky.
ξ_4	$(16.10.\bar{5})$	$(25\bar{7}7)$	F. G.	
β_1	$(32\bar{1})$	$(13\bar{4}4)$	Vom Rath.	Est l'inverse de H_2.
β	$(20.14.\bar{7})$	$(27\bar{9}9)$	D_x.	
γ_4	$(54\bar{2})$	$(16\bar{7}7)$	F. G.	
β_5	$(12.10.\bar{5})$	$(2.15.\overline{17}.17)$	F. G.	
β_6	$(11.10.\bar{5})$	$(1.13.\overline{16}.16)$	F. G.	
τ_8	$(19.20.\overline{10})$	$(1.30.\overline{29}.29)$	F. G.	
τ_1	$(7.10.\bar{5})$	$(1\bar{5}44)$	D_x.	
τ	$(58\bar{4})$	$(3.12.\overline{9}.9)$	D_x.	
		B. Inférieur à la face rhombique s.		
δ_1	$(12.\bar{3}.\bar{6})$	$(17.1.\overline{18}.1)$	F. G.	
		Face rhombique s.		
s	$(41\bar{2})$	$(11\bar{2}1)$		

PLAGIÈDRES DE LA ZONE pse^2 OU TRAPÉZOÈDRES DU SECOND ORDRE (D_x).

	MILLER.	BRAVAIS.	NOMS des auteurs	OBSERVATIONS.
		A. Supérieurs de la face rhombique s.		
t_4	$(28.1.\overline{2})$	$(9.1.\overline{10}.9)$	D_x.	L'angle observé convient tout aussi bien à $(27.1.\overline{2})$.
t''_3	$(23.1.\overline{2})$	$(22.3.\overline{25}.22)$	F. G.	
T_3	$(13.2.\overline{4})$	$(11.6.\overline{17}.11)$	F. G.	
T'_2	$(31.5.\overline{10})$	$(26.13.\overline{41}.26)$	F. G.	
t'	$(29.5.\overline{10})$	$(8.5.\overline{13}.8)$	F. G.	
t	$(11.2.\overline{4})$	$(32\overline{5}3)$	D_x.	
T_1	$(51.10.\overline{20})$	$(41.30.\overline{71}.41)$	F. G.	
T_0	$(24.5.\overline{10})$	$(19.15.\overline{34}.19)$	F. G.	
		B. Inférieurs à la face rhombique s.		
ε	$(52\overline{4})$	$(12\overline{3}1)$		
q	$(17.8.\overline{16})$	$(3.8.\overline{11}.3)$		
		Prisme e^2.		
e^2	$(11\overline{2})$	$(10\overline{1}0)$		

RÉCAPITULATION DES INCIDENCES.

	CALCULÉES.	MESURÉES.	OBSERVATIONS.
pe^{15}	174° 24′	174° 35′	
pe^{10}	171 35	171 28	
pe^{7}	168 0	167 59	
pe	166 1	165 40	
pe^{5}	163 16	163 3	
$pe^{\frac{21}{5}}$	160 12	160 9	
$pe^{\frac{31}{10}}$	153 43	153 52	Limites 153°41′ à 154°2′.
pe^{3}	152 55	152 55	152°42′ à 153°4′.
$pe^{\frac{31}{11}}$	151 23	151 12	151°3′ à 151°24′.
$pe^{\frac{11}{4}}$	150 44	150 45	150°41′ à 150°51′.
$pe^{\frac{5}{2}}$	148 12	148 23	
$pe^{\frac{7}{3}}$	146 17	146 22	
$pe^{\frac{9}{4}}$	145 15	144 55	
$pe^{\frac{31}{15}}$	142 46	142 48	
$e^{\frac{1}{2}}e^{\frac{4}{7}}$	177 23	177 28	
$e^{\frac{1}{2}}e^{\frac{31}{60}}$	175 38	175 46	
$e^{\frac{1}{2}}e^{\frac{3}{4}}$	171 8	171 12	
$e^{\frac{1}{2}}e^{\frac{10}{13}}$	170 30	170 54	170°48′ à 171°1′.
$e^{\frac{1}{2}}e^{\frac{5}{6}}$	168 24	168 48	
$e^{\frac{1}{2}}e^{\frac{9}{10}}$	166 18	166 11	165°44′ à 166°38.
$e^{\frac{1}{2}}e^{\frac{19}{20}}$	164 45	164 27	
$e^{\frac{1}{2}}e^{\frac{20}{19}}$	161 45	161 47	

RÉCAPITULATION DES INCIDENCES (*suite*).

	CALCULÉES.	MESURÉES.	OBSERVATIONS.
$e^{\frac{1}{2}} e^{\frac{11}{10}}$	160° 26′	160° 44′	
$e^{\frac{1}{2}} e^{\frac{7}{5}}$	152 55	153 6	
$e^{\frac{1}{2}} e^{\frac{3}{2}}$	150 44	150 43	Limites 150° 33′ à 150° 51′.
$e^{\frac{1}{2}} e^{\frac{13}{8}}$	148 12	148 6	
$e^{\frac{1}{2}} e^{\frac{5}{3}}$	147 24	147 17	
$e^{\frac{1}{2}} e^{\frac{19}{11}}$	146 17	146 18	
$e^{\frac{1}{2}} e^{\frac{7}{4}}$	145 53	145 51	
pH_0	171 49	171 58	
pH_1	171 15	171 22	
pH_2	168 56	168 44	
pH_4	165 39	165 29	
pZ	163 31	163 30	
pH_5	160 22	160 19	160° 17′ à 21′.
pH_6	157 51	157 47	157° 43′ à 52′.
$p\xi_1$	153 23	153 53	153° 52 à 55′.
$p\gamma_0$	151 44	151 40	
$p\xi_2$	150 46	150 30	150° 27′ à 32′.
$p\xi_3$	149 28	149 43	
$p\gamma_1$	148 46	148 51	148° 47′ à 56′.
$p\xi_4$	146 30	146 31	146° 11′ à 49′.
$p\beta_1$	144 49	145 2	
$p\beta$	143 31	143 41	142° à 143° D_x. 143° 28′ à 54′ F. G.
$p\gamma_4$	139 54	139 52	
$p\beta_5$	138 47	138 25	
$p\beta_6$	136 23	136 31	136° 27′ à 39′.

RÉCAPITULATION DES INCIDENCES (*suite et fin*).

	CALCULÉES.	MESURÉES.	OBSERVATIONS.
$e^{\frac{1}{2}}\tau_8$	178° 34′	178° 35′	
$e^{\frac{1}{2}}\tau_1$	170 29	170 36	
$e^{\frac{1}{2}}\nu'_1$	117 39	117 27	
$s\tau_8$	152 31	152 31	
$s\tau$	163 25	163 9	
sp	151 6	151 7	
ss' sur $d'd'$	131 6	130 43	
$se^{\frac{9}{4}}$	144 17	144 18	
$se^{\frac{3}{2}}$	147 29	147 37	
$se^{\frac{21}{20}}$	152 17	152 10	
pt_4	175 34	175 29	171°26′ D_x.
pt''_3	174 36	174 42	
pT_3	161 22	161 18	Limites 161° 15′ à 20′.
pT'_2	160 31	160 46	
pt'	159 16	159 25	
pt	158 13	158 18	158° 11′ à 26′.
pT_1	156 40	156 48	
pT_0	155 22	155 14	155° 10′ à 18′.
$p\varepsilon$	138 13	138 9	
pq	133 25	133 31	133° 10′ à 53′.
$qe^{\frac{19}{11}}$	162 26	162 29	
pe^2	141 47	141 47	141° 41′ à 52′.
pe^2 sur s	113 8	113 7	

Errata de mon premier Mémoire sur le « Quartz de Meylan » :

1° Cristaux A, L, P et T, *lire :* ils sont lévogyres, *au lieu de :* dextrogyres.

2° Cristal A, figure 2 : Dans la partie supérieure de cette figure, les faces comprises à droite entre p et $e^{\frac{1}{2}}$ doivent être écrites, en allant de p vers $e^{\frac{1}{2}}$, dans l'ordre suivant : p, H_5, ξ_2, β_6 et $e^{\frac{1}{2}}$.

3° Tableau des plagièdres de la zone pse^2 : à t''_3, pour la notation Bravais, *lire :* $(22.3.\overline{25}.22)$, *au lieu de :* $(23.3.\overline{25}.22)$.

Errata de ma Note « Sur un groupe de cristaux de quartz de Striegau (Silésie) » :

1° Figures 1 et 2, *lire :* ces cristaux sont tous deux lévogyres, *au lieu de :* dextrogyres.

2° Au-dessous des deux mêmes figures, *lire :* le cristal de gauche, *au lieu de :* le cristal de droite.

3° Au paragraphe commençant par ces mots : sur le cristal de gauche, *lire :* sur le cristal du milieu.

Sur les propriétés optiques des sels doubles ammoniacaux des terres cériques;

Par M. G. Wyrouboff.

Les nitrates de la formule générale

$$3(MON^2O^6)\ 2(NH^4)^2ON^2O^6,\ 8H^2O,$$

qui ont servi à M. Auer dans ses recherches sur le dédoublement du didyme et qui sont couramment employés dans le fractionnement des terres rares, sont fort peu connus et la plupart des déterminations de leurs propriétés optiques sont ou partiellement ou totalement inexactes. La connaissance de ces propriétés présente pourtant un grand intérêt, car elle permet, comme je vais le montrer, de suivre, bien mieux qu'avec le spectroscope, le progrès de la purification de tel ou tel élément. Voici les données qu'on trouve sur ces sels.

1. *Sel de cérium.* — Plan des axes optiques perpendiculaire au plan de symétrie ; la bissectrice aiguë négative présente un angle apparent de 60° environ avec une normale à la base dans l'angle aigu **001-$\bar{1}$00**, 2 E = 36° env. $\rho < v$ (1).

M. Descloizeaux avait trouvé antérieurement (3) 2 E = 27°,18 rouge et 30°,39 violet.

2. *Sel de lanthane.* — Plan des axes parallèle au plan de symétrie. La bissectrice aiguë négative faisant un angle apparent de 44°,10 avec une normale à la base dans l'angle aigu **011-$\bar{1}$00**, 2 E = 19°,44. Forte dispersion $\rho > v$ (2). Antérieurement M. Descloizeaux avait trouvé la même position du plan des axes et la même dispersion, mais 2 E = 8°, 10 (3).

3. *Sel de didyme.* — Plan des axes parallèle au plan de symétrie, la bissectrice aiguë négative faisant un angle apparent de 43°-44° avec la base dans l'angle aigu **001-$\bar{1}$00**, 2 E = 8° environ. Forte dispersion avec $\rho > v$ (4).

M. Kraus ne dit pas le degré de pureté de ce didyme qui lui avait été remis par M. Muthmann et s'il appartenait aux fractions riches en néodidyme ou en praséodidyme. Or, en examinant dernièrement des cristaux de didyme, qui tout à fait exempts de cérium et de lanthane, contenaient encore une certaine quantité de praséodidyme, je constatais non sans étonnement que le plan des axes y était *perpendiculaire* au plan de symétrie et la bissectrice aiguë négative donnait 2 E = 42° environ avec une dispersion $\rho < v$. Il était donc clair que le didyme de M. Kraus ou le mien était impur. Pour éclaircir ce point, j'ai examiné successivement les 4 sels de Ce. La. Pr. Nd rigoureusement purs, les deux autres terres

(1) Fock, *Zeit. für Kryst.* [illegible] p. [illegible]
(2) Kraus, *Zeit. für Kryst.* [illegible] p. [illegible]
(3) *Annales des Mines* [illegible] p. [illegible]
(4) Kraus, *Ibidem*

cériques, la samarine et la gadoline, ne donnant pas (du moins à la température ordinaire) des sels ammoniacaux doubles cristallisés. Voici les résultats de cet examen fait à 17°, l'écartement des axes étant assez variable avec la température, comme Descloizeaux l'avait déjà remarqué.

1. *Sel de cérium.* — Plan des axes optiques *perpendiculaire* au plan de symétrie. Bissectrice aiguë négative faisant un angle de 33°,20 avec une normale à p (001) dans l'angle aigu 001-$\bar{1}$00 2 E = 36°10′. Dispersion notable $\rho < v$. Sauf la position de la bissectrice, ce sont donc là à peu de chose près les chiffres donnés par M. Fock.

2. *Sel de lanthane.* — Plan des axes *parallèle* au plan de symétrie. Bissectrice aiguë négative faisant 32° avec une normale à p (001) dans l'angle aigu 001-$\bar{1}$00, 2 E = 23°. Dispersion notable $\rho > v$.

3. *Sel de praséodidyme.* — Plan des axes *perpendiculaire* au plan de symétrie. Bissectrice aiguë négative faisant un angle de 34° avec une normale à p(001) dans l'angle aigu 001-$\bar{1}$00, 2 E = 38°,30. Dispersion faible $\rho < v$.

4. *Sel de néodidyme.* — Plan des axes *perpendiculaire* au plan de symétrie. Bissectrice aiguë négative faisant environ 30° avec une normale à p (001) dans l'angle aigu 001-$\bar{1}$00, 2 E = 43°,10′. Dispersion faible $\rho < v$.

Il suit de là :

a. Que le didyme que j'avais examiné renfermait une certaine quantité de praséodidyme, ce qui se manifestait d'ailleurs par la teinte légèrement brune de l'oxyde calciné.

b. Que le lanthane de M. Descloizeaux et celui de M. Kraus renfermaient l'un, de grandes quantités, l'autre de petites quantités de didyme ou de cérium.

c. Que le didyme de M. Kraus était un mélange à proportion à peu près égale des deux didymes et de lanthane, non seu-

lement à cause de la position du plan des axes, mais encore parce que le lanthane est la seule des terres cériques qui donne une dispersion $\rho > v$.

M. Kraus décrit son sel de didyme comme dimorphe, la seconde forme étant rhomboédrique ; il ajoute que cette seconde forme ne s'obtient pas avec le sel de lanthane. Je crains bien que ce ne soit là le résultat d'une confusion, M. Kraus n'ayant pas fait l'analyse de son sel. Pourquoi le lanthane ne donnerait-il pas cette forme puisque son didyme renfermait certainement 50 pour 100 de cette terre et que d'un autre côté son lanthane renfermait du didyme ? Pour ma part je n'ai jamais pu obtenir de cristaux rhomboédriques ni avec les deux didymes, ni avec des mélanges de didyme et de lanthane. Mais il est une autre raison qui me fait douter de l'existence du dimorphisme dans cette série de sels. La forme des cristaux décrits par M. Kraus est identique à celle du composé bien connu $DiON^2O^5$, $MgON^2O^5$, $8H^2O$ et que M. Demarçay a recommandé pour la séparation du didyme et du samarium. Le Tableau suivant montre clairement cette identité. Je me sers des données de Rammelsberg pour le sel céreux

1 : 1.559 cristaux de M. Kraus,
1 : 1.539 sel magnésien.

	Sel MgO.	Kraus.
	° ′	° ′
$10\bar{1}1$-0001	119.20	119. 3
$01\bar{1}2$-0001	138.20	138
$02\bar{2}1$-0001	105.42	105.30
$01\bar{1}2$-$000\bar{1}$	123.31	123.18

Les deux sels sont fortement biréfringents uniaxes négatifs. Il est donc plus que probable que la solution dans laquelle s'étaient déposés les cristaux de M. Kraus contenait de la magnésie ou un des oxydes magnésiens dont les nitrates donnent tous avec les nitrates des terres de la cérite

des sels isomorphes. Les nitrates doubles magnésiens sont en effet moins solubles que les nitrates doubles ammoniacaux et dès lors doivent cristalliser les premiers. M. Groth, dans le laboratoire duquel le travail de M. Kraus a été fait, et à qui j'avais soumis mes doutes, m'écrit que, d'après les renseignements communiqués par M. Muthmann, les oxydes devaient renfermer une certaine quantité de zinc. Il reste à regretter que M. Kraus n'ait pas fait l'analyse de son sel comme on doit toujours le faire lorsqu'on rencontre une forme nouvelle, et qu'on peut hésiter entre l'existence du dimorphisme ou d'une composition différente.

Je profite de l'occasion pour proposer une orientation de la forme clinorhombique des sels doubles ammoniacaux plus rationnelle que celle qui est généralement adoptée et qui donne des axes extrêmement inclinés. Il suffit de tourner le cristal de 180° autour d'une normale à la base et de prendre pour forme primitive (111) la forme qu'on note $(11\bar{2})$. Les faces devenant alors :

Ancienne orientation.	Nouvelle orientation.
001	001
$\bar{1}01$	100
100	$\bar{2}01$
$\bar{1}12$	111
111	$\bar{1}11$
110	$\bar{2}21$
$\bar{1}11$	110

En partant des données de M. Kraus on a alors :

Sel de lanthane : 1. 3111 : 1 : 1.0758 ; $\gamma = 101°38'$.
Sel de didyme : 1. 2449 : 1 : 0.9967 ; $\gamma = 102°04'$.

Ce qui est très voisin de $\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} : 1 : 1$, c'est-à-dire d'un cube rapporté à l'axe ternaire et à deux axes binaires.

La connaissance des propriétés optiques de ces sels présente un grand intérêt, car elle permet de suivre pas à pas la marche du fractionnement et d'évaluer approximativement la quantité des différents corps mélangés, bien mieux que le spectroscope, instrument trop délicat pour permettre une détermination quantitative même grossière.

Je suppose un mélange des quatre terres CeO, LaO, PrO, NdO; après un petit nombre de cristallisations on le sépare en trois fractions : sels blancs, sels plus ou moins verdâtres, sels plus ou moins roses.

Les sels blancs présentent des axes optiques tantôt *parallèles,* tantôt *perpendiculaires* au plan de symétrie, parce qu'ils renferment, en dehors des petites quantités des deux didymes, des mélanges variables de lanthane et de cérium. Lorsqu'on fractionne le lot des cristaux blancs, on trouve en tête des axes parallèles au plan de symétrie avec $\rho > v$ et qui s'écartent de plus en plus jusqu'à 23°, en queue des axes perpendiculaires à g^1(010), s'écartant progressivement jusqu'à 36°.

Les sels verdâtres comme les sels blancs possèdent des axes situés dans deux directions perpendiculaires parce qu'ils renferment, en dehors de petites quantités de néodidyme, du praséodidyme, du cérium et du lanthane. Par le fractionnement on voit d'abord les axes placés dans le plan de symétrie s'approcher de plus en plus de l'écartement propre au lanthane, puis les axes perpendiculaires au plan de symétrie avec $\rho < v$ caractéristique du cérium et du praséodidyme.

Les sels roses ont toujours les axes perpendiculaires à g^1(010), avec un écartement qui dépasse 38°, augmentant toujours jusqu'à atteindre 44° environ dans les dernières eaux mères.

Dans la marche qu'on suit habituellement on élimine d'abord le cérium par un des procédés connus, il ne reste

donc plus que trois terres en présence, ce qui simplifie beaucoup le problème, et permet de suivre mieux encore la séparation. On peut poser les règles suivantes : lorsque des fractions de couleur franchement verte donnent des axes perpendiculaires au plan de symétrie avec un écartement moindre que 38°, elles renferment du lanthane en quantité d'autant plus grande que l'écartement des axes est moindre. Lorsque des fractions franchement roses donnent des axes perpendiculaires au plan de symétrie avec un écartement moindre de 44° et plus grand que 38°, elles renferment du praséodidyme; si l'écartement est moindre que 38°, elles contiennent aussi du lanthane.

Avec un microscope à lumière très convergente et un comparateur de Mallard on peut très bien, en choisissant un petit cristal limpide, mesurer à travers la base et très approximativement l'écartement des axes sans être obligé de tailler des lames, et estimer à peu près la quantité des terres mélangées. On arriverait à des résultats très exacts si l'on déterminait les trois indices pour chacun des trois sels.

Ce procédé m'a permis de constater, par exemple, qu'une fraction dont la solution était d'un vert très pur et très intense présentant les bandes d'absorption du praséodidyme sans mélange et que je croyais être du praséodidyme à peu près pur, renfermait encore environ 50 pour 100 de lanthane.

J'ai déterminé la solubilité de tous ces sels doubles à 17°. Cette solubilité est intéressante à connaître pour comprendre la plus ou moins grande difficulté de séparation des différentes terres par ce procédé. J'ai trouvé que 100 parties d'eau dissolvaient 192,1 parties de sel de lanthane, 203,3 parties de cérium, 206,5 parties de sel de praséodidyme et enfin 270 parties de sel de néodidyme pris à l'état anhydre. On voit ainsi qu'il est relativement facile de séparer le lanthane du néodidyme, beaucoup plus difficile de le séparer du

praséodidyme et à peu près impossible de séparer ce dernier du cérium; les deux composants du didyme se séparent au contraire très bien.

On sait que tous ces sels donnent avec une extrême facilité des solutions sursaturées, et une facilité d'autant plus grande qu'ils sont plus solubles; c'est ainsi que le sel de néodidyme, le plus soluble de tous, ne cristallise plus du tout par refroidissement si l'on n'a pas eu soin d'y introduire des germes, malgré la rapide ascension de la courbe de solubilité avec la température. Dans mes recherches sur les solutions [1], j'ai montré que le phénomène de la sursaturation était le résultat de l'existence d'au moins deux hydrates ou deux formes différentes. Le dimorphisme étant écarté, il ne restait plus qu'à chercher un second hydrate. J'ai surtout étudié à ce point de vue le sel de lanthane; mais tous les autres sels donnent le même résultat.

Lorsqu'on évapore à 80° une solution concentrée d'une centaine de grammes de sel de lanthane, on voit se former une croûte transparente plus ou moins épaisse à travers laquelle l'évaporation se fait très lentement. Au bout de quelque temps, on voit apparaître au fond du cristallisoir de gros cristaux très limpides qu'il est tout à fait impossible de sortir de l'eau mère sans qu'ils deviennent immédiatement ternes, par suite de la formation du sel ordinaire. Pour les avoir à l'état pur, il faut décanter rapidement la liqueur qui les baigne sans sortir le cristallisoir de l'étuve, et les laisser sécher à la température même à laquelle ils se sont formés. On constate alors qu'ils appartiennent à la symétrie terquaternaire, présentant la forme d'un dodécaèdre rhomboïdal modifié par de petites facettes octaédriques. Leur propriété la plus remarquable est leur pouvoir rotatoire relativement

---

[1] *Bull. Soc. Min.*, t. XXV (1901).

considérable, puisqu'il est, pour la lumière jaune, de 7°,5 par millimètre, c'est-à-dire deux fois plus grand que celui du chlorate de soude, le plus actif des corps cubiques connus. La croûte qui se forme au début, et dont je parlais tout à l'heure, est composée des mêmes cristaux et possède les mêmes propriétés optiques. Ces cristaux ne perdent rien lorqu'on les chauffe à 120° et laissent, par calcination, 33,70 pour 100 de LaO : ils sont donc anhydres. Conservés dans des tubes bouchés, ils se maintiennent assez bien, pendant quelque temps du moins; mais ils s'hydratent à la longue et deviennent ternes. L'hydrate qui se forme ainsi n'est pas l'hydrate à $8H^2O$; il se présente en cristaux aciculaires très biréfringents, probablement tricliniques. On voit se former parfois les mêmes cristaux lorsqu'on évapore à l'air libre une solution sursaturée de sel de néodidyme, et surtout de samarium; ils baignent alors dans une liqueur sirupeuse dont il est impossible de les débarrasser complètement. Quelques dosages que j'ai tentés m'ont conduit approximativement à $5H^2O$; mais je ne donne cette formule que sous toutes réserves.

Sur un nouveau sulfate acide de sodium et potassium;

Par M. G. Wyrouboff.

On ne connaît jusqu'ici qu'un seul sulfate acide renfermant les deux métaux alcalins, celui qu'a décrit jadis M. Scacchi; il est clinorhombique et a pour formule $2SO^4Na^2$, $SO^4K^2SO^4H^2$. On peut cependant obtenir facilement un sulfate plus acide et dans lequel le rapport entre les deux métaux est tout différent. Il suffit pour cela d'évaporer à 30°-40° une solution concentrée renfermant 2 molécules de SO^4Na^2, 1 molécule de SO^4K^2 et 3 molécules de SO^4H^2. Lorsque

la solution est devenue presque sirupeuse, il se forme des cristaux qui nagent d'abord à la surface du liquide, puis tombent au fond et grossissent rapidement ; il faut décanter la liqueur et essuyer rapidement les cristaux, qui sont légèrement déliquescents et ne peuvent se conserver longtemps, même dans des tubes bouchés. Les dernières eaux mères donnent le sulfate acide de soude $3SO^4Na^2,SO^4H^2$.

L'analyse a été faite de la façon suivante : les cristaux, sitôt au sortir de la solution et bien essuyés, ont été pulvérisés et roulés dans du papier Joseph, puis chauffés à 110°, car ils renferment toujours quelques millièmes d'eau hygroscopique. Une portion a servi à doser l'acide sulfurique total; une autre a été calcinée avec du carbonate d'ammoniaque, d'abord à très basse température, car le sel fond très facilement et se boursoufle beaucoup, puis au rouge jusqu'à production des sulfates neutres qu'on pèse. On y dose l'acide sulfurique, ce qui donne indirectement la soude et la potasse. Trois analyses faites sur trois préparations différentes m'ont donné des résultats assez concordants, qui se traduisent par la formule $5SO^4Na^2,3SO^4K^2,5SO^2H^2$, ou $(SO^4)^{13}Na^{10}K^6H^{10}$.

			1.		2.		3.	
$8SO^3$	37,17		37,37		37,50		37,67	
$5Na^2O$	18,00	34,38	18,51	34,32	18,47	34,15	18,78	34,36
$3K^2O$	16,38		15,81		15,68		15,57	
$5SOH^2$	28,45		28,31		28,64		27,88	
	100,00		100,00		100,29		99,90	
$13SO^3$	60,32		59,90		60,35		59,89	

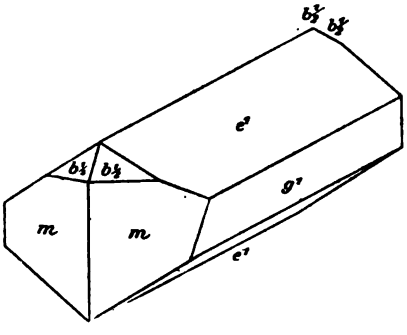
Cette formule est sans doute un peu compliquée, mais c'est la seule qui me paraisse correspondre aux données analytiques.

On remarquera que la constitution de ce sel est fort différente de celle du composé de Scacchi. La quantité d'acide

sulfurique libre correspond à un sulfate acide de sodium, tandis que dans le corps de Scacchi elle correspond à un sulfate acide de potassium, de sorte que les deux sels peuvent s'écrire

$$10\,SO^4\,NaH,\ 3\,SO^4\,K^2,$$
$$SO^4\,Na^2,\quad SO^4\,KH.$$

Les cristaux du nouveau sel, qui atteignent facilement 1^{cm} dans leur plus grande dimension, appartiennent à l'hémimorphie de la symétrie terbinaire et sont presque toujours fortement allongés suivant l'axe *a*. Ils ne présentent que les faces $h^1(100)$, $g^1(010)$, $m(110)$, $e^1(011)$ et $b^{\frac{1}{2}}(111)$; ces dernières ne se trouvent que sur la partie supérieure du cristal.



0,63708 : 1 : 0,60085

Angles.	Calculés.	Mesurés.
	° ′	° ′
$mm(110\,1\bar{1}0)$.....	115	»
$mg^1(110\,010)$.....	»	*122.30
$e^1e^1(0\bar{1}0\,011)$.....	»	*118
$b^{\frac{1}{2}}b^{\frac{1}{2}}(1\bar{1}1\,111)$.....	132.58	»
$b^{\frac{1}{2}}c^1(111\,011)$.....	138.12	138.15
$b^{\frac{1}{2}}h^1(111\,100)$.....	129.13	129.13

En prenant l'axe b pour axe vertical la forme devient à peu de chose près quadratique, mais l'ellipsoïde optique est en revanche fort éloigné d'un ellipsoïde de révolution.

Le plan des axes optiques est parallèle à g^1 (010) et la bissectrice aiguë positive perpendiculaire à p (001), $2 H_a = 62° 20$, $2 H_o = 120°$; d'où $2 V = 61° 44$ et $2 E = 98°$.

La biréfringence n'est pas forte, la dispersion notable avec $\rho < v$.

Recherches sur le polymorphisme et la pseudosymétrie;

Par M. G. Wyrouboff.

Dans l'introduction d'un Mémoire paru sous ce même titre en 1890 (1), après avoir montré la différence profonde qui existe entre le polymorphisme et la pseudosymétrie, j'ajoutais ceci : « On peut même se représenter théoriquement une substance qui posséderait deux fois la même forme, d'abord, comme résultat de la pseudosymétrie, ensuite en vertu du polymorphisme. La boracite, par exemple, est dimorphe, comme l'a montré M. Mallard; elle est orthorhombique à la température ordinaire et cubique à partir de 360°. Mais elle a de plus un réseau presque cubique et pourrait constituer un corps pseudosymétrique au sens où nous avons pris ce mot, renfermant un mélange des différents réseaux et présentant des propriétés optiques variables, dont la limite serait l'isotropie parfaite. Dans la boracite ce mélange ne se fait pas; les douze individus dont se compose le cristal restent nettement isolés les uns des autres avec leurs pro-

(1) *Bulletin Soc. Miner.*

priétés caractéristiques. Si le mélange intime se faisait on aurait un corps non seulement cubique au point de vue de sa forme, mais encore optiquement isotrope; il existerait ainsi pour la boracite deux isotropies, l'une accidentelle, l'autre vraie. »

Je viens apporter aujourd'hui un fait d'observation qui confirme d'une façon très frappante cette vue théorique. A l'époque déjà lointaine où je publiais mon Mémoire nos conceptions sur la structure cristalline étaient encore grandement hypothétiques; elles se sont précisées depuis, grâce surtout au beau livre de M. Schönfliess. Dans ce domaine si complexe et si obscur il reste sans doute à élucider bien des points encore sur lesquels j'aurai occasion de revenir, mais nous savons du moins d'une façon certaine quelles sont les limites entre lesquelles nos hypothèses doivent se mouvoir.

Il me paraît donc utile de revenir avant tout sur les considérations que j'ai développées jadis, non pour les modifier, mais pour les mettre plus en harmonie avec les notions aujourd'hui définitivement acquises. Nous savons actuellement en effet avec une entière certitude que la structure comporte trois éléments parfaitement distincts :

1° L'élément premier *dépourvu de symétrie :* c'est le domaine fondamental de M. Schönfliess, le stéréoèdre de M. Fedorow, la particule fondamentale de M. Wallerant. Son étude n'appartient plus à la cristallographie, il est constitué par une ou plusieurs molécules chimiques et n'est soumis qu'aux lois de la chimie.

2° L'élément second, composé d'un certain nombre d'éléments premiers, qui dans sa constitution et dans son évolution n'obéit plus qu'aux lois de symétrie. C'est le domaine complexe de M. Schönfliess, le parallélocèdre de M. Fedorow, la particule complexe de M. Wallerant. J'ai donné depuis long-

temps à cet élément le nom de *particule cristalline* et j'estime que ce nom lui convient le mieux, car c'est le résidu définitif de toute destruction physique du cristal.

3° L'élément troisième, le réseau sur les nœuds duquel se disposent les particules cristallines.

Les noms qu'on adopte sont d'ailleurs chose secondaire; ce qu'il nous importe de savoir, et ce qu'il ne faut jamais perdre de vue, c'est que ces trois éléments ont des propriétés essentiellement différentes et qu'il est dès lors indispensable de les considérer séparément avant de tenter une interprétation générale de la physique des cristaux.

Si simples et si évidentes que soient ces notions, elles sont trop neuves pour s'être imposées à la majorité des cristallographes et pour avoir définitivement remplacé les théories anciennes qu'on essaie de rajeunir de temps en temps. Beaucoup d'efforts et beaucoup d'ingéniosité sont encore dépensés pour résoudre l'insoluble problème des rapports *directs* entre les propriétés de la molécule chimique et les dimensions du réseau cristallin; on oublie encore trop qu'entre ces termes extrêmes il existe un terme intermédiaire, la particule cristalline, qui se rattache à la molécule par des liens que nous ne connaissons présentement à aucun degré, et qui d'autre part détermine d'une façon plus ou moins immédiate la forme et les dimensions du réseau. C'est à cette catégorie de tentatives à mon sens parfaitement stériles qu'appartiennent la *morphotropie* et les *paramètres topiques* depuis quelque temps fort en honneur dans l'école allemande. Leur défaut commun est de supposer qu'à toute modification de la molécule chimique correspond *nécessairement* une certaine modification du réseau, et que ces deux sortes de modifications sont reliées entre elles par une fonction directe et très simple. Si le réseau était la manifestation directe d'une propriété de la molécule chimique, comment expliquerons-nous le poly-

morphisme dans lequel, la molécule restant la même, le réseau change ? Il nous faudrait admettre que la molécule se transforme elle aussi ; que dans le nitrate d'ammoniaque, par exemple, elle peut présenter cinq états isomériques ayant exactement les mêmes propriétés chimiques, ce qui serait une hypothèse d'une extrême invraisemblance et de plus une hypothèse tout à fait inutile. Remarquons aussi que la notion de *volume moléculaire* introduite par H. Kopp et qui joue le principal rôle dans la considération des *paramètres topiques* ne correspond à aucune réalité précise. La densité que nous mesurons se rapporte au réseau et n'a aucune relation directe avec le poids de la molécule qui n'est que la somme du poids des atomes qui le composent. Le volume qui entre dans le calcul de la densité est une fonction des espaces interatomiques de la molécule, des espaces intermoléculaires de la particule cristalline et enfin des espaces interparticulaires du réseau, de telle sorte qu'une même molécule chimique peut donner dans un cristal des densités fort différentes. C'est ce que l'observation des corps polymorphes nous démontre avec une entière évidence.

Le principe général qui domine toutes nos conceptions cristallographiques et qu'on oublie trop souvent, c'est que la molécule telle que l'entendent les chimistes doit rester en dehors de toutes nos discussions. Il nous suffit de savoir que c'est un amas de matières qui, par sa composition hétérogène, est nécessairement privé de symétrie, mais qui, en se répétant un certain nombre de fois et d'une certain manière, engendre les éléments de symétrie caractéristiques des polyèdres cristallins. Nous ne connaissons pas et ne connaîtrons probablement jamais les propriétés physiques de ces molécules ; nous n'avons même pas besoin de les connaître, car elles ne se manifestent à nous que lorsqu'elles ont perdu leur individualité, et qu'elles sont entrées comme éléments

constituants dans des unités plus complexes, les seules sur lesquelles les méthodes physiques aient directement prise.

Je sais bien que ces idées sont en contradiction formelle avec les doctrines aujourd'hui à la mode et qui tendent toutes à rattacher directement le poids atomique à diverses propriétés d'ordre physique, comme la chaleur spécifique, le point de fusion, de congélation, d'ébullition, de résistance électrique. Mais cette tendance montre seulement à quel point les physico-chimistes modernes ignorent les notions les plus fondamentales de la structure des corps cristallins, et combien les cristallographes ont peu souci de propager et d'appliquer aux différents cas particuliers les vérités qu'ils ont acquises. On aura beau appeler à son aide les lois, d'ailleurs incontestables, de la Thermodynamique, on aura beau mettre en équation les innombrables inconnues que l'expérience nous apporte chaque jour, et entasser les hypothèses, on ne parviendra pas à cacher sous l'apparente précision des formules mathématiques la fausseté de l'idée fondamentale, et à donner à un pur empirisme le caractère de vérité scientifique. Quoi que nous fassions, il y aura toujours deux unités distinctes obéissant à des lois différentes et entre lesquelles nous ne trouverons jamais une commune mesure : la *molécule chimique,* dernier résidu de toute réaction chimique et qui n'est soumise, dans sa constitution intime, qu'à la loi des proportions définies, et la *particule cristalline,* l'unité qu'aucune action physique ne peut détruire et dont la structure n'est régie que par la loi de la symétrie cristalline.

Entre ces deux éléments si radicalement différents par leurs propriétés les plus caractéristiques il n'y a pas à chercher les analogies ; il y a, au contraire, à constater les dissemblances. On peut sans doute remonter à des lois plus générales qui s'appliquent aux uns et aux autres, et c'est ce

qu'on fait en invoquant les principes de la Dynamique; mais on commet ainsi une grave erreur de raisonnement. Personne ne peut contester que les lois les plus simples, comme celle du nombre, de la forme et du mouvement, régissent tous les phénomènes plus complexes de l'Astronomie, de la Physique, de la Chimie, de la Biologie; que les théorèmes de la Mécanique s'appliquent aussi bien aux corps célestes qui se meuvent dans l'espace, au corps qui tombe sur la terre, à la réaction qui se produit dans nos laboratoires, qu'à l'oiseau qui vole, qu'à l'homme qui marche; mais ce n'est pas de cela qu'il s'agit ici. On veut *déduire* des lois simples de la Mécanique les lois infiniment plus complexes de la Physique et de la Chimie, et détruire par surcroît l'infranchissable barrière qui sépare les deux sciences. C'est là où gît l'erreur que la philosophie des sciences ne peut accepter à aucun titre, et qu'on reconnaîtra certainement tôt ou tard. Les lois générales *s'ajoutent* aux lois particulières des diverses sciences, elles ne les *expliquent* pas.

La Cristallographie, dans le sens le plus large du mot, n'étant qu'une Physique appliquée aux milieux symétriques, en tant que cristallographes nous devons nous arrêter à la notion de particule cristalline qui est le dernier terme de la division physique; nous n'avons pas à connaître la molécule chimique, qui appartient à un tout autre ordre de phénomènes. Telle est l'idée fondamentale qui doit, à mon sens, guider toutes nos recherches sur la substance cristallisée, et la seule question que nous ayons à nous poser est celle de savoir si les notions de particule et de réseau sur les nœuds duquel elle se dépose sont suffisantes pour interpréter rationnellement tous les phénomènes purement physiques que nous rencontrons sur notre route : isomorphisme, polymorphisme, pseudosymétrie, propriétés optiques, thermiques, électriques. Je vais essayer de montrer aujourd'hui comment ces notions

si simples et si précises permettent de se rendre compte de deux de ces phénomènes qu'on croyait jadis exceptionnels et que nous savons maintenant être d'une très grande généralité : la *pseudosymétrie* et le *polymorphisme*.

Et d'abord, qu'est-ce que la pseudosymétrie ? Ce terme a été employé pour désigner des choses fort différentes, et le phénomène pour lequel il a été imaginé a été désigné de plusieurs façons ; il importe donc de s'entendre sur son emploi, car, si le choix des mots est jusqu'à un certain point arbitraire, encore faut-il que leur signification reste constante, au risque de tomber dans de perpétuels malentendus.

On sait que la théorie réticulaire est fondée tout entière sur une certaine conception de l'homogénéité ; dans chaque direction donnée, les particules qui occupent le nœud du réseau doivent être rigoureusement parallèles entre elles. Or, il existe incontestablement des corps dans lesquels cette homogénéité n'est pas réalisée et qui sont pourtant parfaitement cristallisés, avec des propriétés physiques très constantes, en apparence du moins. Ces corps se distinguent nettement de ce que nous sommes habitués à considérer comme des macles, car on n'y constate géométriquement et physiquement qu'un seul individu. Le prototype des corps de cette espèce est le paquet de lames de mica au moyen duquel Reusch a imité toutes les particularités des propriétés optiques du quartz, et qui a servi de point de départ à la théorie de Sohncke et, par conséquent, à toutes les théories actuelles qui en dérivent directement. Quelle que soit celle de ces théories qu'on adopte, on arrive à une structure qui n'est plus homogène dans le sens que Bravais donnait à ce mot, et qui est pourtant parfaitement régulière. On peut l'appeler *régulièrement inhomogène,* car, si les éléments du cristal ne sont plus parallèles, ils se répètent toujours dans un même ordre, déterminé par une loi géométrique précise.

On peut objecter sans doute que l'assimilation avec les paquets de Noremberg et de Reusch est purement hypothétique, et cette objection a été présentée plus d'une fois par ceux-là mêmes qui se contentaient des pires hypothèses. Mais il est facile d'y répondre. Il existe des cristaux en apparence parfaitement homogènes et dont la structure inhomogène peut être mise en lumière par la dissection. J'ai montré, il y a de cela tantôt quarante ans, qu'en clivant les cristaux uniaxes de ferrocyanure de potassium on obtenait des lames biaxes, et d'autant plus biaxes qu'elles sont plus minces; que la position du plan des axes était variable d'une lame à l'autre; qu'enfin on pouvait obtenir, dans certaines conditions particulières, des cristaux homogènes, de symétrie inférieure, à axes très écartés et dans lesquels le clivage ne pouvait plus détacher que des tranches possédant toujours les mêmes propriétés optiques. On arrivait ainsi, par l'analyse, à la structure qui avait été obtenue synthétiquement par le croisement rectangulaire des lames de mica.

Mais il y a autre chose encore. La plupart des cristaux de cette espèce, et notamment les cristaux doués de pouvoir rotatoire, présentent ce qu'on appelle des anomalies optiques. On y trouve tous les passages possibles entre la biaxie et l'uniaxie, non seulement dans les différentes tranches, mais encore dans les différentes plages d'une même lame. Dans leurs formes intermédiaires ils ne sont même plus régulièrement homogènes, ils sont absolument hétérogènes. Aucune des théories générales actuelles, pas plus celle de Bravais que celle de Sohncke, de Schönfliess ou de Fedorow, n'explique l'existence de ces irrégularités dans des polyèdres cristallins dont l'apparence extérieure est parfaitement normale; il importe cependant d'en déterminer les causes, car ces irrégularités constituent un phénomène très général et très caractéristique pour toute une classe de corps cristallisés.

Mallard, qui n'était pas seulement un théoricien de premier ordre, mais encore un observateur très sagace, a indiqué implicitement la solution de ce problème. Il a considéré les corps pseudosymétriques comme un mélange de plusieurs orientations d'un même réseau autour d'un axe par rapport auquel toutes ces orientations se trouvaient symétriques. Il n'a examiné que le cas particulier où les diverses orientations étaient en nombre rigoureusement égal, donnant ainsi l'inhomogénéité régulière qui caractérise les corps pseudouniaxes doués ou non de pouvoir rotatoire, suivant que le croisement se fait à 45°, 60° ou 90°. Mais il est facile de voir que la même interprétation s'applique tout aussi bien aux cas où l'inhomogénéité devient irrégulière. Il s'agit là d'un mélange d'orientations, et, de même que dans le mélange en proportions données de plusieurs corps isomorphes les cristaux déposés ont une composition et par conséquent des propriétés variables suivant la température de la cristallisation, les diverses positions dans l'espace d'un certain réseau donnent une infinité de combinaisons différentes. On peut même prévoir, et l'observation confirme la prévision, que la régularité parfaite ne sera que rarement atteinte. La seule condition nécessaire à l'existence d'un corps pseudosymétrique, c'est qu'un des réseaux possibles pour la substance ait une symétrie très voisine de celle de l'axe autour duquel il se déplace. La forme du cristal peut d'ailleurs être fort éloignée d'une forme limite : tel est le cas des acétates triples d'urane, de soude et les métaux magnésiens, qui ont un prisme de 125° et qui se transforment cependant avec la plus grande facilité en un assemblage pseudoternaire [1].

On peut donc dire que le corps pseudosymétrique est un mélange plus ou moins régulier des diverses orientations possibles du

---

[1] *Bull. Soc. ch.*, t. XXIV, 1901, p. 93.

corps symétrique, et que dans le passage de l'un à l'autre il n'y a ni changement dans la particule, ni changement dans la dimension ou la forme du réseau, mais simplement changement de sa position dans l'espace.

M. Groth a proposé récemment pour ces corps le terme de « polysymétrie » (1), qui me paraît bien mal choisi. Ce n'est pas la multiplicité des symétries, c'est l'existence d'*une* symétrie approchée qui les caractérise; le terme *pseudosymétrie* employé par Mallard est donc bien mieux approprié. La définition très simple que je viens de donner permet d'exclure immédiatement une série de corps auxquels on a appliqué bien à tort le nom de *pseudosymétriques*. La boracite, le grenat, la pérowskite, etc. ne sont pseudosymétriques à aucun titre ; ils représentent des macles, des juxtapositions de corps parfaitement homogènes, dans le sens de Bravais. On peut les appeler *quasi-cubiques*, parce qu'en effet leur réseau est extrêmement voisin de celui du cube; on ne peut les appeler *pseudocubiques*, parce qu'ils ne présentent aucun *mélange* d'orientations différentes.

D'une tout autre nature est le phénomène du polymorphisme. Mallard avait cru pourtant que sa théorie de croisements réticulaires pouvait s'appliquer aux changements de forme, et il avait essayé d'interpréter la calcite comme un assemblage pseudoternaire du réseau de l'aragonite. C'était là une incontestable erreur qui tient à la tendance très naturelle d'étendre autant que possible une théorie dont on a reconnu la fécondité, et plus encore peut-être à l'état précaire de nos connaissances sur le polymorphisme au moment où il publiait ses mémorables travaux.

Une des propriétés fondamentales des corps pseudosymétriques est d'être moins biréfringents que les corps symé-

(1) *Einleitung in die chemische Kristallographie*, 1904, p. 4.

triques dont ils dérivent; or nous savons aujourd'hui que, dans un grand nombre de corps dimorphes, c'est la forme à symétrie supérieure qui est la plus biréfringente. Nous savons aussi que, dans un très grand nombre de cas, dans la plupart des cas même, il n'y a entre les diverses formes qu'une substance peut revêtir aucune relation géométrique, que pour passer de l'une à l'autre elles commencent par se détruire.

C'est donc dans des modifications plus profondes qu'il faut chercher l'explication des transformations polymorphiques. Puisque nous n'avons que deux éléments variables à considérer dans les corps cristallisés, la particule et le réseau dont elle occupe les nœuds; puisque la nature du réseau dépend de la nature de la particule, et puisque dans les diverses formes d'une substance polymorphe les réseaux sont ou peuvent être totalement différents, il n'y a qu'une conclusion possible : *la transformation polymorphique entraîne nécessairement une modification de la particule et par cela même une modification du réseau.* J'ai montré jadis [1], et les recherches récentes n'ont fait que confirmer la distinction, que cette transformation pouvait se faire de deux manières : ou bien directement, la particule et le réseau se modifiant graduellement sans changement appréciable du polyèdre cristallin, ou bien indirectement en détruisant le réseau ancien et en reformant un réseau nouveau. Mais, quel que soit le mode de transformation, le résultat ultime est le même; ce sont des cristaux homogènes qui remplacent d'autres cristaux homogènes, en prenant l'homogénéité dans le sens que lui donnait Bravais, sans qu'il y ait jamais entre eux de formes intermédiaires. La pseudosymétrie et le polymorphisme sont donc deux phénomènes qui ne paraissent semblables que lorsqu'on les examine superficiellement et qui sont en réalité

[1] *Bull. Soc. Min.*, 18[illegible]

essentiellement différents, aussi bien par leur origine que par l'ensemble de leurs caractères propres.

On conçoit dès lors très bien qu'il puisse y avoir pour une même substance deux formes possédant la même symétrie apparente, mais dans l'une desquelles cette symétrie est réelle et dans l'autre seulement approchée, l'une produite par un simple changement de position du réseau, l'autre par une transformation de ce réseau et des particules qui en occupent les nœuds. Dans l'une la densité ne doit pas varier puisqu'il s'agit des mêmes particules et des mêmes distances interparticulaires, elle doit être au contraire grandement différente dans l'autre. En passant de l'une à l'autre les propriétés optiques doivent nécessairement éprouver des modifications plus ou moins notables.

Je vais en montrer un remarquable exemple.

Sulfate, chromate et séléniate $(MO^4)^2K^2Na$.

Les deux premiers sont connus depuis fort longtemps et ont donné lieu à un grand nombre de travaux. On les avait considérés pendant longtemps et quelques auteurs les considèrent encore aujourd'hui (1) comme des mélanges isomorphes, mais Scacchi (1863), dans son célèbre Mémoire sur la polysymétrie, et non pas Retgers (1890), comme le dit M. Gossner (2), démontra péremptoirement, par une longue série d'analyses, qu'il s'agissait de composés parfaitement définis. Plus tard j'ai confirmé les résultats de Scacchi (3) mais admis de plus, pour le chromate surtout, que le composé $Cr^2O^8K^2Na$ pouvait, dans certaines conditions, contenir à l'état de mélange isomorphe une certaine quantité

(1) Van't Hoff, *Zitzb. d. Berlin. An.*, 1903.
(2) *Z. f. Kryst.*, t. XXXIX, 1904, p. 155.
(3) *Bulletin de la Soc. fr. de Minéralogie*, t. II, 1879, p. 100

de CrO^4K^2 dont le réseau est extrêmement voisin. Mais c'est là une question secondaire dont nous n'avons pas à nous occuper ici; ce qu'il nous importe de savoir, c'est que ces sels doubles existent à l'état d'espèces chimiques et présentent d'une façon plus ou moins nette des anomalies optiques.

MM. Gossner ([1]) et Steinmetz ([2]) ont repris l'étude de ces sels, l'un au point de vue chimique et cristallographique, l'autre au point de vue des propriétés physiques. Voici résumés brièvement les résultats auxquels ils sont arrivés et qui se rapportent surtout au chromate, où les phénomènes s'observent le mieux. Les cristaux déposés ont toujours la même composition, sont toujours pseudo-hexagonaux, leur réseau vrai étant binaire; ils sont plus ou moins biaxes, et d'autant plus que la température à laquelle ils se sont formés était plus basse. Lorsqu'on chauffe les cristaux biaxes, l'angle des axes diminue progressivement et ils deviennent finalement uniaxes à une certaine température (150°-175°); ils reviennent à leur état premier par le refroidissement, très lentement s'ils ont été maintenus longtemps à cette température; chauffés plus fort, ils restent indéfiniment uniaxes. La densité des cristaux uniaxes ou biaxes ou devenus biaxes après avoir été chauffés est la même soit qu'on la détermine par les liqueurs lourdes, soit qu'on les examine au dilatomètre.

Tels sont les faits observés. Je passe sous silence les considérations sur les *axes topiques*, les volumes moléculaires dans leurs relations avec l'isomorphisme, parce qu'elles ne correspondent, comme je le disais plus haut, à aucune des conceptions modernes de la théorie de la structure cristalline.

Prises en gros, toutes ces observations sont parfaitement

---

[1] *Lo*[illegible]

[2] *Z*[illegible]

justes, sauf peut-être celle sur la symétrie binaire du réseau en faveur de laquelle M. Gossner ne donne aucun argument valable et qui est en contradiction avec la forme du séléniate dont je vais parler. Mais MM. Gossner et Steinmetz n'ont vu qu'une partie des phénomènes, d'une part, parce qu'ils n'ont pas suffisamment étendu le champ de leurs recherches, de l'autre, parce qu'ils ont employé une méthode d'observation sinon fautive, du moins incomplète.

Le séléniate est en effet de beaucoup le plus stable des trois sels, car il peut être recristallisé à toutes les températures sans se dissocier, et les propriétés optiques y montrent avec une particulière évidence la structure interne. La forme des cristaux est en général très simple, ce sont des prismes hexagonaux basés portant parfois trois minces troncatures sur trois arêtes alternes de la base. Les propriétés optiques sont extrêmement variables suivant la température à laquelle les cristaux se sont formés, comme dans le cas du chromate étudié par M. Gossner. Ceux qui se sont déposés à température très basse, 5°-10°, sont composés en général de trois individus biaxes, mais renfermant aussi presque toujours des plages plus ou moins étendues présentant une image axiale irrégulière et n'éteignant plus en lumière parallèle. Dans les plages où l'extinction est complète, l'écartement des axes est constant et l'on a toujours $2E = 43°$. Dans les cristaux formés à des températures plus élevées les axes se rapprochent, se déforment plus ou moins, et vers 40°-45° on a un corps encore maclé mais à peu près uniaxe. Si l'on chauffe une lame extraite d'un cristal à axes optiques de 43° on la voit se macler de plus en plus, les axes se rapprochent progressivement et vers 75° elle devient uniaxe dans toute son étendue; par le refroidissement les phénomènes inverses se produisent et d'autant plus lentement que l'échauffement a été plus prolongé, mais on ne retombe plus jamais sur l'état primitif, et

l'écartement des axes devient très variable. C'est en somme le même phénomène que celui que j'ai signalé dans les silicotungstates neutres des terres de la cérite et dans les acétates triples d'urane de soude et des métaux magnésiens. Mais ici s'ajoute un phénomène très intéressant et en apparence très étrange. Si l'on chauffe la lame à une température beaucoup plus élevée et voisine de celle où le corps commence à se décomposer superficiellement, l'uniaxie devient persistante même si l'on refroidit la lame à 0°.

Que se passe-t-il là? Pour le savoir il faut examiner des lames taillées non plus perpendiculairement, mais parallèlement à l'axe pseudo-ternaire. Voici ce que l'on constate alors: la biréfringence *baisse* progressivement et rapidement à mesure qu'on chauffe, ce qui résulte d'un croisement de plus en plus intime des lamelles, puis elle reste à peu près stationnaire, et enfin à une certaine température elle *monte* brusquement d'une façon notable et ne baisse presque plus par le refroidissement.

Des transformations en tous points semblables s'observent dans le chromate et même dans le sulfate dont les cristaux sont généralement très régulièrement uniaxes. Chauffés fortement, la biréfringence monte brusquement et ne change que très peu lorsqu'on refroidit la lame.

On peut cependant ramener les cristaux ainsi transformés à leur état premier de corps *à peu près* uniaxes. Il suffit pour cela de les soumettre à une très basse température, de les plonger par exemple dans l'air liquide. Ils redeviennent alors, même le sulfate, plus ou moins biaxes avec écartement extrêmement variable des axes. Ces deux transformations, l'une lente, progressive et réversible, l'autre brusque et qui ne devient réversible que dans des conditions particulières, correspondent manifestement à deux phénomènes très différents. Dans l'un, le réseau qui est orthorhombique quasi-

ternaire, comme dans les sulfate, chromate et séléniate potassique, change d'orientation de façon à produire un corps pseudo-ternaire, régulièrement homogène, ou un corps tout à fait inhomogène à propriétés optiques variables suivant les circonstances; dans l'autre, le réseau a changé, il est devenu ternaire, ce qui ne peut tenir qu'à la transformation des particules qui en occupent les nœuds. Les deux formes de même symétrie, mais de structures différentes, dont je prévoyais théoriquement l'existence se trouvent donc réalisées, et l'on en trouvera sans doute d'autres parmi les substances qui peuvent supporter une notable élévation de la température sans subir de décomposition.

Je dois faire ici une remarque qui a son importance. Dans mon Mémoire de 1890, j'attribuais au corps pseudo-symétrique une propriété caractéristique, celle de revenir à leur symétrie réelle, toujours inférieure à leur symétrie apparente, par une élévation convenable de la température. Tel est le cas du chlorate de soude, des sulfates lithico-potassique et lithico-rubidique, du sulfate d'éthylène diamine que je décris plus loin. Les exemples des silicotungstates des terres de la cérite, des acétates triples et des sels doubles que j'examine aujourd'hui montrent que ma conclusion n'était pas exacte, qu'il existe sous ce rapport, parmi les substances pseudo-symétriques, deux groupes distincts. La chaleur amène dans l'un la symétrie réelle, dans l'autre la pseudo-symétrie. Il serait très intéressant de voir si ces deux groupes ne se distinguent pas par quelque autre propriété géométrique ou physique, car ce n'est qu'en classant le plus exactement possible qu'on peut espérer arriver à découvrir les lois générales qui régissent des phénomènes aussi complexes.

On peut remarquer dès à présent que le premier groupe comprend les corps doués du pouvoir rotatoire, et qu'on n'a pu constater ce pouvoir dans aucun des corps du second

groupe. D'autre part, les corps que la température élevée fait passer de l'état pseudosymétrique à l'état symétrique se transforment brusquement à un point déterminé de l'échelle thermométrique; au contraire, les corps plus ou moins symétriques que la chaleur amène à l'état pseudosymétrique se modifient lentement et graduellement. Ce sont là des différences qui ne sont pas accidentelles et qui montrent clairement qu'il s'agit de deux phénomènes qui ne sont pas identiques et qui sont soumis à des lois physiques différentes qu'il nous faudra rechercher.

Sulfate d'éthylène diamine.

Au moment où je publiais mon Mémoire sur la structure des corps cristallisés doués du pouvoir rotatoire [1], je n'avais pas pu me procurer cette substance, dans laquelle M. V. v. Lang avait constaté l'existence de la polarisation circulaire [2]. J'ai pu avoir depuis et préparer moi-même, dans les conditions les plus diverses, des cristaux de ce sel qui présente, comme on va le voir, des propriétés très intéressantes.

Ce sont des pyramides quadratiques très pointues, à faces striées, avec une base généralement peu développée et suivant laquelle existe un clivage parfait. Optiquement, elles sont assez peu biréfringentes, uniaxes positives et sans aucune trace d'anomalies; la croix noire n'y présente jamais de dislocation.

Si l'on chauffe une lame de clivage, on constate qu'à une certaine température, qui est assez élevée, elle s'éclaire brusquement, devient assez biréfringente tout en restant parfaitement homogène, car les extinctions s'y produisent très

(1) *Ann. Ch. Ph.*, [illegible]
(2) *Sitz. b. d. Wien. Ak.*, [illegible]

régulièrement suivant les côtés du carré. En lumière convergente, on voit deux axes assez écartés autour d'une bissectrice positive, et dont le plan est exactement parallèle à l'un des côtés de la lame. Est-ce là un passage de la forme pseudo-symétrique à une forme symétrique, le retour du réseau orthorhombique quasi-quadratique à une orientation unique, ou bien une transformation dimorphique directe telle qu'on l'observe dans le sulfate potassique ou la boracite ?

Outre que, dans toutes les transformations dimorphiques de cette sorte actuellement connues, l'élévation de la température amène toujours la forme la plus symétrique, les phénomènes observés pendant le refroidissement nous permettent de résoudre directement la question. En effet, la lame refroidie brusquement ou très lentement ne revient jamais à son état premier; elle reste partiellement biréfringente avec des plages diversement éclairées, dans lesquelles on voit deux axes plus ou moins rapprochés. Ce phénomène est tout à fait inexplicable dans l'hypothèse d'une transformation dimorphique. Comment concevoir qu'en partant d'une forme quadratique on retourne à une forme qui ne l'est plus qu'approximativement? Je sais bien qu'il y a la ressource des « tensions internes » ; mais cette théorie insoutenable a été abandonnée, même en Allemagne, où elle est née et où elle a joui pendant si longtemps d'un grand succès. Tout s'explique au contraire le plus simplement du monde, si l'on admet que la forme pseudoquadratique se produit par un groupement *régulier* des quatre orientations possibles d'un réseau orthorhombique quasi-quaternaire, dans le cas d'une formation lente par évaporation d'une solution, et par un groupement *irrégulier* dans le cas du refroidissement toujours relativement rapide, le réseau orthorhombique homogène n'étant pas stable au-dessus d'une certaine température.

J'ai essayé de préparer les sels qui pouvaient être isomorphes avec le sulfate, le séléniate et le chromate, dans l'espoir de trouver dans l'un d'eux une plus grande stabilité de la forme orthorhombique. Mais le premier, excessivement soluble, ne donne qu'une bouillie cristalline, et le second, très peu soluble même à chaud, donne de minces lamelles enchevêtrées et à bords arrondis dont il est impossible de déterminer la forme. J'ai pu cependant trouver quelques lamelles rectangulaires allongées suivant un des côtés. En lumière convergente, on y voit deux axes assez écartés autour d'une bissectrice positive et dirigés suivant l'allongement; ce sont, on le voit, les mêmes propriétés que celles du sulfate chauffé. Il faut donc conclure de là qu'à la température ordinaire la forme pseudosymétrique ne se produit pas dans le chromate et la forme symétrique ne peut persister dans le sulfate.

Mais le sulfate présente une autre transformation encore. Si l'on chauffe plus haut la lame devenue biréfringente, elle devient subitement isotrope à une température assez voisine de celle où la substance commence à se décomposer. Par le refroidissement elle redevient d'abord biréfringente, puis, comme je l'ai dit, à peu près isotrope. Cette seconde et complète isotropie ne tient pas à l'apparition d'une nouvelle forme entraînant l'existence d'un ellipsoïde de révolution; une lame taillée dans toute autre direction du cristal éteint également la lumière polarisée dans tous les azimuts. Le réseau terbinaire quasi-quaternaire s'est transformé cette fois en un réseau terquaternaire par le mécanisme habituel des transformations dimorphiques directes. Le sulfate d'éthylène diamine n'est donc pas trimorphe, comme on serait tenté de le croire au premier abord; il ne possède que deux sortes de particules et, par conséquent, deux réseaux : orthorhombique et cubique, la troisième forme n'étant qu'un

groupement du premier dans les quatre positions qui sont compatibles avec la symétrie quasi-quadratique.

Les deux exemples que j'ai examinés aujourd'hui, aussi bien celui des sels doubles sodico-potassiques que celui du sulfate d'éthylène diamine, me paraissent être, chacun dans son genre, particulièrement convenables pour montrer la différence profonde et caractéristique qui sépare la pseudo-symétrie du polymorphisme.

Quelques remarques sur un Mémoire de M. Barker;

Par M. G. Wyrouboff.

M. Barker vient de publier un travail des plus intéressants sur une question fort controversée, sous le titre : *Contribution à la théorie de l'isomorphisme fondée sur des expériences sur la croissance régulière des cristaux d'une substance sur les cristaux d'une autre* (1). Ce travail contient non seulement un grand nombre de faits nouveaux et très bien observés, mais encore des considérations théoriques qu'il me paraît utile d'examiner, car elles touchent à des questions fondamentales de la physique des cristaux.

L'auteur a surtout étudié la croissance du nitrate de soude sur la calcite, la dolomie, la sidérose, la chalybite, la rhodochrosite, minéraux appartenant à un groupe isomorphe, et des perchlorates et permanganates alcalins sur la barytine, la célestine et l'anglésite. Cette étude l'a amené à une double conclusion sur laquelle il insiste beaucoup.

---

(1) *Transactions of the Ch. Society*, t. LXXXIX, 1906, p. 1120.

1. La croissance régulière d'un cristal sur un autre cristal ne dépend ni de la similitude des angles ni de la similitude des paramètres de la forme primitive, ni même de l'analogie de composition, mais exclusivement des valeurs voisines du volume moléculaire des deux espèces de cristaux. Or, c'est là, précisément, la condition de l'isomorphisme permettant à deux corps de cristalliser ensemble en toutes proportions. D'où il suit que :

2. Les cristaux croissant régulièrement l'un sur l'autre sont isomorphes et, inversement, cette croissance régulière doit être considérée comme un caractère distinctif de l'isomorphisme.

Il n'est pas difficile de montrer qu'aucune de ces deux conclusions n'est acceptable et qu'elles sont toutes deux en contradiction formelle, aussi bien avec les faits observés qu'avec les théories actuelles de la structure cristalline.

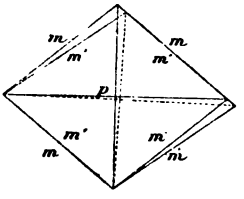
Je rappelle d'abord que le terme *volume moléculaire*, tel qu'on l'emploie en Chimie, n'a aucune signification précise en langage cristallographique, l'unité de structure du cristal n'étant pas la molécule chimique, mais la particule cristalline composée d'un nombre plus ou moins considérable de molécules chimiques. Pour que le terme puisse représenter une réalité physique, il faudrait que chaque nœud du réseau soit occupé par une molécule, et nous savons aujourd'hui, à n'en pas douter, que cela est parfaitement impossible, puisque ce nœud doit être doué de symétrie et que la molécule chimique constituée par des éléments hétérogènes ne saurait être symétrique. Mais, en dehors de ces considérations théoriques que les cristallographes oublient trop souvent dans l'interprétation de leurs recherches particulières, nombreux sont les faits qui contredisent la conclusion de M. Barker. Quand la cristallisation de l'iodure et du

bromure de potassium sur le mica que M. Barker cite comme une exception difficilement explicable, nous connaissons les associations parfaitement régulières du quartz et de la calcite, de l'oligiste et de la magnétite, de la pyrite et de la galène, de l'oligiste et du rutile et dans chacune de ces paires les volumes moléculaires présentent des différences aussi grandes que possible, allant parfois du simple au double.

Il y a plus encore. Si l'on admettait la conclusion de M. Barker, on arriverait à de bien étranges résultats : les deux formes d'un corps dimorphe seraient plus isomorphes que les formes analogues de deux corps absolument isomorphes. En effet, on a dans les associations régulières : de la calcite et de l'aragonite avec les volumes moléculaires de 36,9 et 34 et une différence de 8 pour 100; de l'anatase et du rutile (21,1 et 19,5) avec une différence de 7,5 pour 100. Tandis que dans l'association de la barytine (52) et du permanganate potassique (58,5) sur laquelle M. Barker insiste particulièrement et qu'il considère comme un type de *croissance régulière* d'un cristal sur un autre, la différence est de 11 pour 100. De semblables contradictions, et l'on pourrait en citer beaucoup d'autres exemples, ne sont certes pas faites pour appuyer la thèse que soutient M. Barker.

Mais c'est surtout sa seconde conclusion qui me paraît insoutenable, car elle tend à confondre deux ordres de phénomènes qui sont essentiellement distincts. Cette conclusion ne ressort d'ailleurs en aucune façon des observations très exactes de M. Barker. Il a constaté, par exemple, que, lorsqu'un cristal de perchlorate ou de permanganate potassique se dépose sur une lame de clivage basique de la barytine, les bases des deux cristaux sont rigoureusement parallèles; les arêtes *mp* (110-001) sont parallèles aussi, mais *d'un côté seulement*, les angles *mm* et *m'm'* dans les deux cristaux diffèrent de plus de 2° comme le montre la figure : ce qui revient

à dire que des trois axes binaires un seul est commun aux deux édifices.



Or, lorsque deux corps réellement isomorphes cristallisent ensemble, *tous* leurs éléments de symétrie coïncident exactement. S'il n'en était pas ainsi, les deux ellipsoïdes optiques seraient différemment placés et les figures d'interférence n'auraient aucune régularité. Les faits observés par M. Barker sont donc absolument incompatibles avec la propriété la plus caractéristique des mélanges isomorphes, et il est facile d'en montrer la raison.

La croissance régulière d'un cristal sur un autre est un phénomène qui dépend des actions mutuelles des *particules cristallines* placées sur les nœuds du réseau. M. Wallerant a donné de ces actions une théorie très ingénieuse et qui paraît bien rendre compte des faits observés jusqu'ici. Tout au contraire, le mélange isomorphe aboutissant à la formation de particules cristallines mixtes se fait dans le *domaine fondamental,* c'est-à-dire là où il n'y a plus que des molécules chimiques et où il n'y a aucun élément de symétrie susceptible d'intervenir dans la symétrie de l'édifice cristallin. Dans les cristaux des mélanges isomorphes il n'y a donc pas, à proprement parler, de *coïncidence* des éléments de symétrie des deux corps, il y a formation d'un corps symétrique, d'une particule cristalline, avec des groupes de molécules chimiques hétérogènes par leur constitution. Cette coïncidence se produit lorsque les deux corps se superposent sans se mélanger,

comme dans le cas d'un corps continuant à croître dans la solution d'un autre corps isomorphe, mais alors tous les éléments de symétrie, axes et plans, coïncident et la structure devient zonale. C'est en effet ce que l'observation confirme pleinement.

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE MINÉRALOGIE.

ANNÉE 1906. — BULLETIN N° 8.

Compte rendu de la Séance du 13 décembre 1906.

PRÉSIDENCE DE M. A. DE LAPPARENT.

M. WALLERANT entretient la Société des propriétés du *p*-azoxyzimtsaüreäthyläther, qui, en passant à l'état liquide, donne naissance à un corps cristallisé uniaxe dont la particule résiste à toute action mécanique.

D'autre part, M. Wallerant explique l'existence des modifications cristallines obtenues par surfusion cristalline et montre que l'on doit également les obtenir par surchauffe.

M. A. LACROIX met sous les yeux de la Société une série d'échantillons de minéraux qu'il a recueillis au Vésuve au cours de l'éruption d'avril dernier.

Les uns sont dus aux fumerolles en activité (galène et réalgar en particulier), les autres tapissent les cavités de blocs de leucotéphrites antérieures à l'éruption récente, rejetés par

le grand paroxysme du 8 avril. Ces derniers minéraux sont identiques à ceux qui ont été recueillis dans les mêmes conditions, après les éruptions de 1822 et de 1872; leur étude est d'un très vif intérêt pour l'histoire du métamorphisme de contact; les plus intéressants sont les suivants : hornblende, divers types d'augite et, en particulier, augite œgyrinique jaune d'or, microsommite et cavolinite, sodalite, sphène, olivine, divers feldspaths, hématite, magnétite, etc.

Une caractéristique fréquente de ces diverses roches métamorphiques consiste dans la transformation plus ou moins complète de leur leucite en microsommite, plagioclases sodiques, orthoses, etc.

Sur le gisement de chrysolite de l'île Saint-Jean (mer Rouge);

Par M. L. Michel.

On a découvert, il y a quelques années, dans la mer Rouge, à l'île Saint-Jean, un gisement de chrysolite qui offre quelques particularités fort intéressantes, tant au point de vue de sa constitution que de sa richesse.

La chrysolite de ce gisement se présente en cristaux volumineux, très allongés suivant la brachydiagonale et portant les faces p (001), g^1 (010), g^3 (120), $b^{\frac{1}{2}}$ (111), e^1 (011), $e^{\frac{1}{2}}$ (021), $e^{\frac{1}{3}}$ (031), e_3 (121).

Les cristaux sont généralement disséminés dans une gangue essentiellement formée de serpentine, de magnétite et de gymnite. Cette gangue est sillonnée de nombreuses

fissures dont les parois sont tapissées de cristaux fusiformes assez curieux. En effet, on voit, au microscope, que chaque cristal est constitué par un squelette de quartz entièrement recouvert d'une substance mamelonnée d'un beau vert, que l'on peut prendre au premier abord pour de la garniérite, mais qui n'est autre qu'un hydrocarbonate de nickel dont la composition répond exactement à celle de la texasite ($H^{12}Ni^{3}CO^{11}$), minéral qui n'a été rencontré, jusqu'à présent, que dans un très petit nombre de localités. La gangue ainsi que la texasite se sont évidemment formées aux dépens d'une péridotite nickelifère.

La chrysolite de l'île Saint-Jean rivalise d'éclat, de couleur et de limpidité avec celle du Brésil, et trouve, comme cette dernière, son emploi dans la joaillerie.

Sur un gisement de zéolithes de Serbie ;

Par M. Ferdinand Gonnard.

J'ai reçu, il y a environ une vingtaine d'années, d'un de mes frères d'armes des légions du Rhône en 1870, M. l'ingénieur Edmond Delcour, directeur, pour la maison Vitali, de l'entreprise de la construction du chemin de fer de Nich à Belgrade, un certain nombre d'échantillons de zéolithes, qui font l'objet de cette Note. N'ayant rien trouvé à cet égard dans les derniers fascicules du second volume du Manuel du docteur Hintze, je suis fondé à croire que rien n'a été publié sur le gisement dont il s'agit ici. Une demande de renseignements que j'ai adressée sur ce sujet à un professeur de géologie de Belgrade est restée d'ailleurs sans réponse.

Quoi qu'il en soit, les échantillons en question proviennent

du percement d'un tunnel dit de la *Dewaïka Kamen* (fille de pierre), situé sur la rive droite de la *Morava bulgare*, à 800^{m} en amont du petit village de *Djep* (Serbie). Ils se rapportent tous à la stilbite.

Cette zéolithe se présente en nodules juxtaposés à structure fibro-lamellaire radiée, constituant des filonnets dans une roche porphyrique grisâtre altérée, où, à l'œil nu, l'on distingue de petits cristaux bipyramidés de quartz $pe^{\frac{1}{2}}$; des prismes assez nets de mica noir et des grains d'un feldspath ayant subi un commencement de kaolinisation. Ces nodules ont jusqu'à 3^{cm} de diamètre ; les uns ont une belle couleur saumon ; d'autres offrent une teinte rouge brique très prononcée ; ils sont associés à un peu de calcite laminaire.

Cette stilbite serbe est tout à fait à rapprocher, sauf la couleur, d'une stilbite de Southbury (Connecticut) ; cette dernière, que j'ai reçue de M. E. S. Dana, est de couleur jaunâtre ; les nodules ont sensiblement les mêmes dimensions que ceux de la Dewaïka Kamen, et, comme ceux-ci, sont associés à de la calcite laminaire. Ils ont aussi de l'analogie avec la stilbite d'Arnave (Ariège) étudiée par M. A. Lacroix.

Sur le quartz du calcaire bitumineux de la Limagne ;

Par M. Ferdinand Gonnard.

Les cristaux de quartz des pépérites et des calcaires bitumineux de la Limagne sont depuis longtemps bien connus des minéralogistes, surtout à cause de leur association avec une belle calcédoine guttulaire, dont les orbicules, ordinairement bleuâtres, parfois aussi incolores, sont souvent recouverts de lussatite. Ces cristaux sont fréquemment groupés et,

ainsi que la calcédoine, souvent aussi recouverts d'une couche mince du même minéral.

Sur certains échantillons de calcaire bitumineux on remarque, au voisinage immédiat les uns des autres, ou même au contact, tout à la fois des cristaux de quartz hyalin, d'une parfaite limpidité, et d'autres complètement encapuchonnés de lussatite blanche, bleuâtre ou jaunâtre. Les premiers présentent, comme les seconds, la combinaison de formes ordinaire $pe^{\frac{1}{2}}e^{2}$; parfois le prisme hexagonal devient presque, ou complètement, triangulaire par suite de la disparition de trois e^{2}, et les sommets se réduisent aux pointements rhomboédriques p. Il est difficile (1) tout d'abord de comprendre pourquoi la lussatite qui s'est déposée sur certains cristaux de quartz a laissé indemnes leurs voisins immédiats. Mais l'hypothèse consistant à admettre deux stades dans la formation de ces cristaux, le premier correspondant à celle des quartz avec lussatite, le second à celle des quartz hyalins, donne peut-être l'explication du fait.

Les apports de silice par les eaux sulfureuses, salines et bitumineuses, qui ont pénétré les pépérites ou les calcaires du Pont-du-Château, de Malintrat, du puy de Crouel, du puy de la Poix, etc., ont, en effet, dû varier dans le temps et aussi dans les localités. Lecoq (2) rapporte entre autres une analyse faite par le Dr Nivet de Clermont-Ferrand, du résidu laissé par litre en août 1844, par l'eau de la source qui coule

(1) Cette difficulté est du même ordre que celles qu'on trouve à expliquer comment dans l'intérieur d'un filon des revêtements cristallins se sont produits d'un côté seulement de certains groupes de cristaux. Dans son *Cours de Minéralogie (Histoire naturelle)* 1857, trop oublié aujourd'hui, et cependant si propre à donner aux jeunes gens le goût de la minéralogie, A. Leymerie appelle la leçon sur ces faits (pour 1re partie).

(2) *Les eaux minérales du massif central de la France considérées dans leurs rapports avec la Chimie et la Géologie*, 1865.

au pied de l'insignifiante butte, à laquelle on a donné le nom de puy de la Poix ; sur 82g,67 de matière, l'auteur indique 70g,92 de chlorure de sodium, 7g,95 de sulfate de soude, une petite quantité d'autres sels, carbonate de chaux, carbonate de magnésie, etc. ; enfin seulement des traces de soufre et de *silice*. On observe cependant des orbicules de silice dans la pépérite que l'eau de la source pénètre ; en outre, comme je l'ai fait remarquer (1), on y rencontre également de jolis petits cristaux de mésotype, de formation sans doute relativement récente, et que m'avait jadis signalés, *in litteris*, mon camarade Alphonse Julien, qui les a observés le premier.

Si, sur d'autres points de la Limagne, les zéolithes font défaut, ou n'ont pas été observées, la silice, en revanche, y est plus abondante, comme calcédoine guttulaire et quartz ; et les localités de Pont-du-Château, de Lussat, de Gandaillat, de Crouel, entre autres, en ont fourni de magnifiques échantillons. La thermalité ne paraît pas avoir été d'ailleurs nécessaire au dépôt de la silice sous ses diverses manifestations, quartz, calcédoine, lussatite, et des minéraux qui, comme au puy de la Poix, peuvent l'accompagner, tels que la mésotype, la giobertite, la calcite, le gypse, la pyrite, etc. ; car la source est froide.

On sait, d'autre part, grâce aux découvertes de M. Lacroix dans les Pyrénées, où, sur certains points, les zéolithes sont, suivant l'expression de l'auteur, à ramasser à la pelle (2), que ces minéraux peuvent se former par ruissellement superficiel (3), c'est-à-dire à froid, et qu'enfin la calcite prend naissance dans des liqueurs froides ou diluées.

Il paraît donc assez probable, en résumé, que c'est aux variations de la teneur en silice des eaux de la profondeur

(1) *Comptes rendus*, 9 mai 1887.
(2) *Comptes rendus*, 1889.
(3) *Comptes rendus*. 1896.

circulant dans les fissures ou les vacuoles des pépérites et des calcaires, qu'elles ont imbibés de produits bitumineux et de pétrole (1), qu'il faille attribuer la réunion, sur les mêmes fragments de roches, de cristaux de quartz si différents d'aspect.

Ces variations d'apports ne sont pas rares, et c'est ainsi que j'ai eu l'occasion de signaler au puy de Marman des géodes de mésotype, dont les cristaux, superficiellement corrodés, servaient de supports à d'autres cristaux, plus récents, de christianite et de chabasie. J'ai, dans le temps, communiqué ces échantillons à MM. Damour et Pisani.

Compte rendu des publications étrangères;

Par M. Jean Herbette.

P. Groth. — *Chemische Krystallographie,* erster Teil. 1 vol. in-8° (17 × 25) de 626 p.; Leipzig.

M. Groth vient de donner la première partie de sa *Cristallographie chimique*, recueil de données cristallographiques et chimiques ainsi que de renseignements bibliographiques sur tous les corps cristallisés; la courte *Introduction* qu'il avait publiée en 1904 (2) sert d'avant-propos à l'œuvre considérable et impatiemment attendue qui commence ainsi à paraître. Cette première partie contient la description des corps simples, des « combinaisons inorganiques n'ayant pas le

(1) J'ai observé dans les journées chaudes d'août des flaques de pétrole au pied du puy de la Poix.

(2) P. Groth, *Einleitung in die chemische Kristallographie*, Leipzig, 1904, 1 vol. de 80 p.

caractère de sels », c'est-à-dire des combinaisons de métaux entre eux, des combinaisons des métalloïdes, à l'exception des halogènes et de l'azote, avec les métaux (oxydes hydroxydes, sulfures, carbures, etc.); puis la description des azotures, fluorures, chlorures, bromures, iodures et cyanures des métaux et des bases complexes; enfin celle des sels doubles ou triples formés par les combinaisons haloïdes des métaux ou des bases complexes. Comme on le voit, un certain nombre de composés contenant des amines se trouvent à leur place naturelle à côté des composés ammoniacaux, sans en être séparés par une distinction entre les composés « organiques » et « inorganiques ».

Les indications données à propos de chaque corps portent sur sa forme cristalline, ses propriétés optiques, ses clivages, et, lorsqu'elle est bien connue, sa densité; mais, sur ce dernier point, comme le fait très justement observer l'auteur, les indications manquent le plus souvent, « ou bien elles sont si peu exactes, qu'on ne peut les prendre pour bases d'une comparaison entre les volumes moléculaires des corps cristallisés ». Et, cependant, M. Groth le note, « ce sont précisément les volumes moléculaires qui ont une importance fondamentale pour la détermination des relations entre les corps, et c'est pourquoi les données inscrites dans ce présent Ouvrage ont particulièrement besoin d'être complétées de ce côté ».

La réputation universelle de M. Groth dispense de louer comme il le mérite le travail si étendu, si complet et si clairement présenté qu'il publie aujourd'hui. Peut-être sera-t-il seulement permis de regretter que l'auteur n'ait pas cru devoir rappeler en tête du volume la signification des notations abrégées *a*, *c*, *s*, *o*, etc. qu'il emploie; sans doute ces termes sont toujours accompagnés de la notation de Miller, et toute personne familiarisée avec la cristallographie s'y

reconnaît sans difficulté : mais un Ouvrage aussi fondamental que celui de M. Groth peut être souvent entre les mains de chimistes plus habitués à la notation de Lévy par exemple, et pour eux un Tableau de concordance des différentes notations n'aurait pas été superflu. On peut aussi regretter de ne pas trouver dans l'Ouvrage plus de figures : pour plus de 1500 corps décrits il n'y a que 389 figures, et encore certains corps en ont-ils sept ou neuf pour eux seuls, de sorte que l'immense majorité des cristaux décrits ne sont représentés par aucun dessin; et l'on sait combien il est plus facile de comprendre et de retenir les caractères d'un cristal lorsqu'on en a une représentation sous les yeux.

A part ces deux désirs, auxquels il n'est pas interdit d'espérer qu'on pourra donner satisfaction dans les volumes suivants, toutes les personnes qui s'intéressent à la Cristallographie et à la Chimie ne peuvent que se féliciter de voir paraître un Ouvrage qui met à la portée de tous, suivant un plan méthodique, ces indications dispersées jusqu'ici un peu partout, et qu'il était souvent difficile de découvrir.

Minéraux nouveaux ;

Par M. P. Gaubert.

Hibschite.—Minéral microscopique (dimension maximum : 85$^{\mu}$), se présentant en octaèdres réguliers enveloppant habituellement chacun un cristal de grenat mélanite (25$^{\mu}$ à 50$^{\mu}$) de la forme b^1 (110). Les cristaux, incolores ou jaune pâle, cassants, dépourvus de clivage, ont une densité de 3,05 environ et une dureté de 6. Ils sont isotropes, mais présentent parfois des anomalies optiques, et alors ils sont constitués

par des pyramides biréfringentes dont la base correspond aux faces de l'octaèdre et le sommet au centre de ce dernier; mais, tandis que dans les cristaux d'Aussig c'est n'_g qui est perpendiculaire aux faces de l'octaèdre, c'est n'_p dans ceux d'Aubenas.

L'indice de réfraction est d'environ 1,67.

Les cristaux de hibschite sont facilement attaquables par les acides et infusibles au chalumeau.

Leur composition est la suivante :

SiO^2, 37,12; Al^2O^3, 32,82; CaO, 13,72; MgO, 2,64; H^2O, 13,70.

Elle est donc voisine de celle de la lawsonite et peut être représentée par la formule

$$H^4CaAl^2Si^2O^{16}.$$

La hibschite, dédiée au professeur J.-E. Hibsch, se trouve dans les enclaves calcaires énallogènes de la phonolite de Marienberge, près d'Aussig (Bohême), associée à la calcite, à l'apophyllite, à la mésotype, etc., et dans les enclaves calcaires du basalte d'Aubenas (Ardèche) (F. Cornu, *Min. Petr. Mitt.*, Bd. XXV, 1906, p. 247).

M. E. Hussak vient de publier un travail (*Min. Petr. Mitt.*, Bd. XXV, 1906, p. 335) sur les phosphates roulés des sables diamantifères du Brésil, analysés autrefois par Damour, Gorceix, etc., et connus sous le nom de *favas*. Ces phosphates sont constitués par du plomb-gomme et par deux minéraux nouveaux décrits par M. Hussak : la gorceixite et la harttite.

Gorceixite. — Couleur allant du brun clair au brun foncé, due à un pigment qui paraît être plutôt de la cérite que du fer. Ses inclusions sont constituées par de petits grains de quartz et par de petits granules bruns régulièrement distribués dans la masse du minéral.

Au microscope, ces favas apparaissent comme formés par un agrégat de grains irréguliers à contours anguleux, peu réfringents et peu biréfringents. Ils sont uniaxes et positifs.

Leur densité varie légèrement avec les localités :

Favas bruns de Rio Abaëte.....	3,098 à 3,101
» brun rouge foncé de Rio Abaëte ..	3,123
» blancs de Diamantina.....	3,095
» brun clair de Paranahyba.....	3,036 à 3,049

La dureté est de 6.

L'analyse chimique, faite par M. G. Florence, a donné les résultats suivants (pour 100) :

	I.	I_a.	II.	II_a.
H^2O.....	14,62	15,74	14,73	16,14
SiO^2.....	1,55	»	6,50	»
Fe^2O^3.....	4,10	»	1,67	»
P^2O^5.....	22,74	24,48	21,47	23,52
Al^2O^3.....	35,00	37,68	35,20	38,56
BaO.....	15,42	16,60	15,30	16,76
CaO.....	3,55	3,82	2,24	2,45
CeO.....	1,55	1,67	2,35	2,57
TiO^2.....	0,67	»	0,75	»
	Densité : 3,101.		Densité : 3,098.	

Dans les colonnes I_a et II_a, SiO^2, Fe^2O^3, TiO^2, considérés comme matières étrangères au minéral, sont éliminés, et les autres éléments sont rapportés à 100.

La formule

$$BaO(Ca, Ce).2Al^2O^3.P^2O^5.5H^2O$$

représente les résultats de l'analyse.

Ce minéral a été dédié à notre confrère M. Gorceix.

Harttite. — Les favas désignés sous ce nom ont une couleur rouge de chair, mais ils sont quelquefois blanchâtres ou jaunâtres.

Ils sont constitués par des agrégats microcristallins de grains ou de petits cristaux, ces derniers se trouvant dans les cavités. Ils sont hexagonaux, uniaxes et positifs. Leur dureté est un peu plus faible que celle des favas barytiques. La densité est de 3,21, voisine par conséquent de celle de la hamlinite.

L'analyse, faite par M. G. Florence, a donné les résultats suivants (pour 100) :

H^2O	12,53	12,81
P^2O^5	21,17	21,64
SO^3	11,53	11,78
SrO	16,80	17,17
CaO	2,80	2,19
CeO	1,02	»
TiO^2	1,42	»
Al^2O^3	33,66	34,40

représentés par la formule

$$(Sr, Ca)O.2Al^2O^3.P^2O^5.SO^3.5H^2O.$$

Dans la seconde colonne, CeO et TiO^2 sont éliminés. Ce minéral a donc une composition voisine de celle de la svanbergite, dont la formule, d'après M. Prior, est

$$2SrO.3Al^2O^3.P^2O^5.2SO^3.6H^2O.$$

Il a été dédié à M. Fréd. Hartt.

TABLE PAR NOMS D'AUTEURS

DES TRAVAUX ORIGINAUX PUBLIÉS DANS LE TOME XXIX.

Pages.

BOURGEOIS (L.). — Rapport du Trésorier 1

BUTTGENBACH (H.). — Note sur des cristaux de smithsonite. 190

COPAUX (H.). — Notice cristallographique sur les cobalti-oxalates alcalins 67

— Sur deux cas particuliers d'isomorphisme 77

COUYAT (M.). — Sur quelques minéraux des mines de Laprugne (Allier) 297

FRIEDEL (G.). — Contribution à l'étude de la boléite et de ses congénères 14

GAUBERT (P.). — Minéraux nouveaux 58

— Sur l'allanite de Jersey 55

— Sur la pyromorphite d'Ivry-l'Évêque (Saône-et-Loire).. 56

— Minéraux nouveaux 86

— Minéraux nouveaux 367

GONNARD (F.). — Note à propos de l'offrétite du mont Simiouse (Loire) 11

— Observations à propos de la herschélite et des zéolithes qui l'accompagnent dans les roches de Palagonia, Val di Noto (Sicile) 283

— Sur deux Notes de MM. V. Goldsmidt et P. Hermann... 292

— Observations sur le quartz du Dauphiné 294

— Nouvelle contribution à l'étude cristallographique du quartz des géodes des marnes oxfordiennes de Meylan (Isère). 303

— Sur un gisement de zéolithes de Serbie 361

— Sur le quartz du calcaire bitumineux de la Limagne.... 362

Pages.

HERBETTE (J.). — Contribution à l'étude de l'isomorphisme.. 97

— Compte rendu des publications étrangères..... 365

LACROIX (A.). — Sur quelques roches ijolitiques du Kilima-Ndjaro..... 90

MICHEL (L.). — Sur le gisement de chrysolite de l'île Saint-Jean (mer Rouge)..... 360

PAVOT. — Nouvelles remarques sur le caillou de Rennes... 7

UNGEMACH (H.). — Les gîtes métallifères du Val de Villé (Alsace)..... 191

WALLERANT (Fréd.). — Nouvelles observations de M. Lehmann..... 62

WYROUBOFF (G.). — Sur les propriétés optiques des sels doubles ammoniacaux des terres cériques..... 324

— Sur un nouveau sulfate acide de sodium et potassium... 332

— Recherches sur le polymorphisme et la pseudosymétrie. 335

— Quelques remarques sur un Mémoire de M. Barker..... 354

TABLE ALPHABÉTIQUE ET ANALYTIQUE

DES MATIÈRES CONTENUES DANS LE TOME XXIX.

ABRÉVIATIONS USITÉES DANS CETTE TABLE.

An.	Analyse.	*Min. nouv.*	Minéral nouveau.
Const.	Constitution.	*Opt.*	Étude optique.
Crist.	Cristallographie.	*Pol. rot.*	Polarisation rotatoire.
Group.	Groupement.		
Gis.	Gisement.	*Reprod.*	Reproduction.

A

Allanite (gis.) (P. Gaubert), 55.
Ancylite (var. d') (min. nouv.) (G. Tschernick), 87.
Ankéryte (gis. an.) (Ungemach), 279.
Anorthose (gis. crist.) (A. Lacroix), 90.
Aragonite (gis.) (H. Ungemach), 280.
Argent natif (gis.) (H. Ungemach), 282.
Arsenic natif (gis.) (H. Ungemach), 264.
Astrophyllite (gis.) (A. Lacroix), 89.
Atakamite (gis.) (H. Ungemach), 258.
Azurite (gis. crist.) (H. Ungemach), 256.

B

Barytine (gis.) (H. Ungemach), 281.
— (gis. crist.) (Couyat), 298.
Berthiérite (gis. an.) (H. Ungemach), 266.
Blende (gis. crist.) (H. Ungemach), 261.
Boléite (crist. opt an.) (G. Friedel), 14, 21.
Boléite (Pseudo-) (crist. opt. an.) (G. Friedel), 36.
Bothryogène (gis. an.) (H. Ungemach), 270.
Bournonite (gis.) (H. Ungemach), 261.

Bromure de baryum (crist. opt.) (J. Herbette), 158.

C

Caillou de Rennes (gis. const.) (Pavot), 7.
Calcédoine (gis.) (H. Ungemach), 277.
Calcite (gis. crist.) (H. Ungemach), 277.
— (gis. crist.) (Couyat), 299.
Californite (min. nouv.) (G.-F. Kuntz), 87.
Cériques (Terres) (Wyrouboff), 324.
Cérium (Sels de) (crist. opt.) (G. Wyrouboff), 326.
Chabasie (gis. an.) (F. Gonnard), 288.
Chalcopyrite (gis. crist.) (H. Ungemach), 213.
Chlorate de potassium (opt. crist.) (J. Herbette), 152.
Chlorure de baryum (opt. crist.) (J. Herbette), 158.
Chromate de potassium et de sodium (opt.) (G. Wyrouboff), 62, 346.
Chrysocolle (gis.) (H. Ungemach), 258.
Chrysolite (gis. crist.) (L. Michel), 360.
Cobaltine (gis.) (H. Ungemach), 282.
Cobaltioxalates alcalins (crist.) (H. Copaux), 61, 67.
Coquimbite (gis.) (A. Lacroix), 6.
Cristaux liquides (opt.) (F. Wallerant), 62, 359.
Cristaux mous (opt.) (F. Wallerant), 13, 62.
Cumengéite (crist. opt.) (G. Friedel), 15.

D

Didyme (Sels de) (crist. opt.) (G. Wyrouboff), 315.
Dolomie (gis. an.) (H. Ungemach), 278.

E

Eudialyte (gis.) (A. Lacroix), 89.

F

Fluorine (gis.) (H. Ungemach), 277.

G

Galène (gis. crist.) (H. Ungemach), 258.
Gelkélite (gis.) (Mme Boubée), 302.
Gmelinite (gis. crist.) (F. Gonnard), 285.
Gorceixite (min. nouv.) (Hussak), 368.
Graphite (gis.) (H. Ungemach), 281.

H

Halotrichite (gis.) (A. Lacroix), 6.
Harttite (min. nouv.) (Hussak), 369.
Hématite (gis.) (H. Ungemach), 273.
Herschélite (gis. an. crist.) (F. Gonnard), 283.
Hibschite (min. nouv.) (F. Cornu), 367.
Hydrolite (gis. an. crist.) (F. Gonnard), 283.

I

Ijolitiques (Roches) (gis. const. opt.) (A. Lacroix), 90.
Isomorphisme (H. Copaux), 77.
— (J. Herbette), 97.
— (G. Wyrouboff), 354.
— (F. Wallerant), 13, 291.

K

Kényte (gis.) (A. Lacroix), 90.
Kermésite (gis.) (Ungemach), 268.
Kertschénite (min. nouv.) (S. Popoff), 86.

L

Lanthane (Sels de) (crist.) (G. Wyrouboff), 325.
Lavénite (gis.) (A. Lacroix), 89.
Limonite (gis.) (H. Ungemach), 273.

M

Malachite (gis.) (H. Ungemach), 257.
Malonamide (crist.) (F. Wallerant), 302.
Marcasite (gis.) (H. Ungemach), 272.
Mélaconite (gis.) (H. Ungemach), 256.
Mélantérite (gis.) (H. Ungemach), 270.
Mésotype (gis.) (F. Gonnard), 365.
Métavoltite (gis.) (A. Lacroix), 6.
Minéraux du Vésuve (gis.) (A. Lacroix), 359.
Mispickel (gis. crist.) (H. Ungemach), 273.
Moissanite (min. nouv.) (G.-F. Kuntz), 58.

N

Naëgite (gis.) (Mme Boubée), 302.
Néphélinite (gis. opt.) (A. Lacroix), 91.
Nitrate de potassium (crist. opt.) (J. Herbette), 152.

O

Oléate d'ammoniaque (crist.) (F. Wallerant), 301.
Offrétite (gis.) (F. Gonnard), 11.
Or natif (gis.) (H. Ungemach), 281.

P

Paravivianite (min. nouv.) (S. Popoff), 86.
Perowskite (gis. crist.) (A. Lacroix), 91.
Pharmacosidérite (gis.) (H. Ungemach), 274.
Phonolite (gis. opt.) (A. Lacroix), 92.
Picro-ilménite (gis.) (Mme Boubée), 302.
Polymorphisme (G. Wyrouboff), 335.
Pseudosymétrie (G. Wyrouboff), 335.
Purpurite (min. nouv.) (Grafton et Schaller), 59.
Pyrite (gis. crist.) (H. Ungemach), 269.
Pyrolusite (gis.) (H. Ungemach), 275.
Pyromorphite (gis. opt.) (P. Gaubert), 56.
Pyroxène (gis. opt.) (A. Lacroix), 92.

Q

Quartz (gis. crist.) (H. Ungemach), 276.
— (group.) (F. Gonnard), 294-295.
— (crist.) (F. Gonnard), 303, 362.

S

Séléniate de potassium et sodium (opt.) (G. Wyrouboff), 62, 346.
Sidérite (gis. an.) (H. Ungemach), 274.
Silice (gis.) (F. Gonnard), 363.
Silicomolybdique (acide) (crist.) (H. Copaux), 61, 79.

Silicomolybdates de baryum (crist.) (H. Copaux), 61, 79.
Silicotungstates de baryum (crist.) (H. Copaux), 61, 80.
Smaltite (gis.) (H. Ungemach), 275.
Smithsonite (crist.) (H. Buttgenbach), 190.
Stibiconise (gis.) (H. Ungemach), 269.
Stibine (gis. crist.) (H. Ungemach), 264.
Stilbite (gis. crist.) (F. Gonnard), 362.
Sulfate de potassium et sodium (opt., crist., an.) (G. Wyrouboff), 62, 332, 346.
Sulfate d'éthylène-diamine (crist.) (G. Wyrouboff), 351.
Syénites néphéliniques (gis.) (A. Lacroix), 89.

T

Tartrate de plomb (crist. opt.) (J. Herbette), 115.
Tartrates de potassium (crist. opt.) (J. Herbette), 117.
— **de thallium** (crist. opt.) (J. Herbette), 108, 116.
Tétraédrite (gis. crist.) (H. Ungemach), 219.
Texasite (gis.) (L. Michel), 361.
Thorianite (gis.) (Mme Boubée), 302.
Tirolite (gis.) (H. Ungemach), 257.
Tychite (reprod.) (de Schulten), 302.
Tychite (min. nouv.) (Penfield et Jamieson) 59.

W

Wöhlérite (gis.) (A. Lacroix), 89.

Z

Zéolithes (gis. crist. an.) (F. Gonnard), 283, 293, 361.

ERRATA.

Tome XXIX.

Page 291, ligne 5, en montant, *au lieu de :* Sulfates doubles de soude et de cérium, *lire :* Sulfates doubles de sodium et potassium.

Le Secrétaire gérant :

Maurice BLONDEL.

37868. — Paris, Imp. Gauthier-Villars, 55, quai des Grands-Augustins.